

**CONTROL DE *Stenoma cecropia* (Lepidóptera Stenomidae) EN EL SUR DEL
CESAR, EN PALMAS JÓVENES, USANDO TIERRAS DE DIATOMEAS (SiO₂).**

**BIANY JULIETH ÁLVAREZ GAIDOS.
GILBERTO GÓMEZ MOJICA**

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PERCUARIAS Y DEL MEDIO
AMBIENTE.
PROGRAMA DE AGRONOMÍA.
BUCARAMANGA.
2016**

**CONTROL DE *Stenoma cecropia* (Lepidóptera Stenomidae) EN EL SUR DEL
CESAR, EN PALMAS JÓVENES, USANDO TIERRAS DE DIATOMEAS (SiO₂).**

**BIANY JULIETH ÁLVAREZ GAIDOS.
GILBERTO GÓMEZ MOJICA**

Trabajo de grado para optar por el título de Agrónomo

**Asesor:
EDGAR BENÍTEZ SASTOQUE.
Ingeniero agrónomo, Magister en ciencias agrarias y Doctor en ciencias
agrarias.**

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE
PROGRAMA DE AGRONOMÍA
BUCARAMANGA
2016**

NOTA DE ACEPTACIÓN:

Aprobado por el comité de grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Nacional Abierta y a Distancia-UNAD para optar el título de Agrónomo.

Jurado

Jurado

Jurado

Jurado

Bucaramanga, 8 Junio del 2016.

Las motivaciones de empeñar rumbos que conllevan fortaleza, persistencia, y ganas de superarse a sí mismo se deben inicialmente gracias a nuestro Padre Dios; con Él y su santa voluntad se logran grandes sueños.

Nuestro apoyo moral, es gracias a nuestros familiares que con su amor siempre nos despiertan esa esencia luchadora para alcanzar los derroteros trazados.

Nuestro apoyo técnico: gracias a nuestro Director de Tesis de la UNAD, Ingeniero Jorge Moisés Andrade Castiblanco, que con su gran sabiduría y experiencia nos encaminó a ir logrando cada parte de este trabajo, su valiosa dedicación hacia nuestro desarrollo profesional fue incansable.

AGRADECIMIENTOS

La gran labor de emprender investigaciones que buscan mejorar la integridad social y ambiental de una zona agricultora, conllevan ese sentido de pertenencia de ser gestores de cambio de lo tradicional. Esta conciencia de investigar y pensar en un futuro más sostenible, se logra con apoyo de los demás, en este caso, gracias a la comunidad palmera y a la empresa Agropuli, que nos llevaron a la gran labor de emprender nuevos métodos sostenibles a favor de la naturaleza, de mejorar la economía de los agricultores y de nuestra parte, a adquirir grandes experiencias y conocimientos.

CONTENIDO

| | pág. |
|--|------|
| INTRODUCCIÓN | 15 |
| 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 16 |
| 1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA | 16 |
| 2. OBJETIVOS..... | 17 |
| 1.1 OBJETIVO GENERAL | 17 |
| 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 17 |
| 3. JUSTIFICACIÓN..... | 18 |
| 4. ESTADO DEL ARTE..... | 20 |
| 4.1 ANTECEDENTES..... | 20 |
| 4.2 MARCO TEÓRICO | 21 |
| 4.2.1 Generalidades del cultivo de palma de aceite en Colombia..... | 21 |
| 4.2.1.1. Área sembrada en Colombia y productividad: | 21 |
| 4.2.1.2. Condiciones climáticas para el cultivo de la palma | 22 |
| 4.2.1.3 Botánica de la palma de aceite <i>Elaeis guineensis</i> Jac..... | 23 |
| 4.2.2 Labores agronómicas del cultivo de la palma. | 25 |
| 4.2.2.1 Preparación de suelos y siembra | 25 |
| 4.2.2.2 Control de malezas: | 25 |
| 4.2.2.3 Poda de la palma | 26 |
| 4.2.2.4 Aplicación de fertilizantes..... | 27 |
| 4.2.2.5 Cosecha..... | 27 |
| 4.2.2.6 Manejo sanitario del cultivo:..... | 28 |
| 4.2.3 Generalidades de <i>Stenoma cecropia</i> Meyrick..... | 29 |
| 4.2.3.1. Clasificación Taxonómica: | 29 |
| 4.2.3.2. Manejo Integrado de <i>S. cecropia</i> | 32 |
| 4.2.3.3. Importancia del insecto <i>Stenoma cecropia</i> Meyrick | 33 |
| 4.2.4 Tierras Diatomeas..... | 33 |
| 4.2.4.1 El uso de Tierra de Diatomeas como insecticida | 35 |
| 5. MARCO LEGAL | 36 |
| 6. METODOLOGÍA | 38 |
| 6.1 MATERIALES Y MÉTODOS..... | 38 |
| 6.1.1 Características del cultivo y ubicación | 38 |
| 6.1.2 Tratamientos | 38 |
| 6.1.3 Unidad experimental | 38 |

| | |
|--|----|
| 6.1.4 Diseño experimental | 39 |
| 6.1.5 Variables a medir | 40 |
| 6.1.6 Preparación de la mezcla para los Tratamientos | 40 |
| 6.1.7 Forma de aplicación de los productos | 41 |
| 6.1.8 Materiales | 42 |
| 6.1.9 Técnicas de Recolección de Datos | 43 |
| 6.1.10. Técnicas de Análisis | 43 |
| 7. ANÁLISIS DE RESULTADOS..... | 44 |
| 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 51 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 53 |
| ANEXOS | 56 |

LISTA DE GRÁFICAS

| | pág. |
|---|------|
| Gráfica 1. Plano de la finca y ubicación del Ensayo. | 39 |
| Gráfica 2. Diseño de campo para el ensayo. | 40 |
| Gráfica 3. Promedio de larvas muertas 11 dda..... | 46 |
| Gráfica 4. Promedio de larvas muertas 24 dda..... | 48 |
| Gráfica 5. Eficiencia de control entre tratamientos..... | 49 |

LISTA DE FOTOS

pág.

| | |
|---|----|
| Foto 1. Adulto de <i>Stenoma cecropia</i> Meyrick..... | 30 |
| Foto 2. Huevo de <i>Stenoma cecropia</i> Meyrick. | 30 |
| Foto 3. Larvas de <i>Stenoma cecropia</i> Meyrick..... | 31 |
| Foto 4. Pupa de <i>Stenoma cecropia</i> Meyrick. | 32 |
| Foto 5. Aplicación de los Tratamiento a las respectivas palmas: a) Equipo de protección, b) Equipo de aspersión y c) Palma marcada..... | 41 |
| Foto 6. Equipo de aplicación terrestre con tracción mecánica tipo Martignani: a) Equipo de aspersión y b) Equipo completo en movimiento. | 42 |

LISTA DE TABLAS

| | pág. |
|---|------|
| Tabla 1. Manejo Integrado de <i>S. cecropia</i> | 32 |
| Tabla 2. Tratamientos del ensayo:..... | 38 |
| Tabla 3. Descripción de los Tratamientos | 41 |
| Tabla 4. Materiales empleados para el proyecto | 42 |
| Tabla 5. Conteos de larvas muertas a los 11 y 24 días respectivamente | 44 |
| Tabla 6. ANOVA realizado a larvas muertas a los 11 dda: | 45 |
| Tabla 7. Prueba Duncan a los 11 dda para bloque..... | 45 |
| Tabla 8. Prueba Duncan a los 11 dda para Tratamiento. | 45 |
| Tabla 9. ANOVA realizado a larvas muertas a los 11 dda: | 47 |
| Tabla 10. Prueba Duncan a los 24 dda para bloque..... | 47 |
| Tabla 11. Prueba Duncan a los 24 dda para Tratamiento. | 47 |
| Tabla 12. Costos por Hectárea de cada Tratamiento | 50 |

LISTA DE ANEXOS

pág.

| | |
|---|----|
| ANEXO A. Ficha técnica de Insecticida DART 15 SC. | 56 |
| ANEXO B. Ficha técnica del Bioinsumo Tierras de Diatomeas AGROPULI..... | 57 |

GLOSARIO

ACIDUREZ: nombre comercial de sustancia coadyuvante agrícola que ajusta el pH de las soluciones.

DART 15: nombre comercial del producto insecticida. Inhibe síntesis de quitina.

EQUIPO GUARANÍ: fumigadora de aspersión a gasolina tipo mochila de 25 litros. (Marca Comercial)

PARÉNQUIMA: “tejido vegetal esponjoso de las células vivas que rellena los intersticios dejados por los vasos y que puede tener funciones diversas según su ubicación, como reservar sustancias, fotosintetizar o rellenar”¹

PALMAS JÓVENES: palmas que comprenden aquellas que tienen menos de 5 años de edad.

PESTALOTIOPSIS: enfermedad fungosa, “su agente causal es *Leptopharsa gibbicarina* provocando lesiones que no cicatrizan”.²

POLIMERIZACIÓN: conjunto de reacciones químicas, “donde un monómero iniciador activa a otro monómero comenzando una reacción en cadena formando polímero final”.³

REDUX: nombre comercial de sustancia coadyuvante agrícola, usada para el aumento de la humectación del follaje, favoreciendo la dispersión y penetración de insumos agroquímicos.

¹ ELERGONOMISTA. La hoja {en línea}. {23 Abril del 2016}. Disponible en: <http://www.google.com.co/webhp?sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&ie=UTF-8#q=par%C3%A9nquima>

² GENTY, A. Daños y control del complejo Leptopharsa-Pestalotiopsis en la palma africana. Fedepalma. {en línea}. {03 Febrero del 2016}. Disponible en: <http://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/viewFile/63/63>

³ LOS ADHESIVOS.COM. ¿Qué es polimerización?. {en línea}. {03 Febrero del 2016}. Disponible en: <http://www.losadhesivos.com/polimerizacion.html>

SILICIO: (Si) elemento químico metaloide, segundo elemento más abundante en la tierra.

TEFLUBENZURON: ingrediente activo- DART® 15 SC. "Grupo químico benzoilurea, clorado, fluorado, su modo de acción inhibidor de síntesis de quitina".⁴

TIERRAS DE DIATOMEAS: rocas sedimentarias formadas por algas diatomeas, pertenecientes al reino protista; su exoesqueleto está formado por Dióxido de Silicio.

⁴ UNA. Teflubenzuron. {En línea}. {03 Febrero del 2016}. Disponible en: <http://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/index.php/base-de-datos-menu/517-teflubenzuron>

RESUMEN

Ante la necesidad de buscar alternativas de control del insecto ***Stenoma cecropia*** (Lepidóptera: Stenomidae) conocido vulgarmente como “Gusano cuernito menor”, ya que su manejo se ha vuelto difícil, debido a la continua y prolongada aplicación de moléculas de síntesis química que han hecho que este insecto haya desarrollado tolerancia y en algunos casos resistencia a éstas, se decidió hacer este trabajo de “Control de *Stenoma cecropia* (Lepidóptera Stenomidae) en el sur del Cesar, en palmas jóvenes, usando tierras de diatomeas (SiO₂)”.

Se usaron Tierras de Diatomeas en tres dosis: 16 Kg/ha, 12Kg/ha, 8 Kg/ha, se compararon con el insecticida de síntesis química más usado el DART® 15 SC (Teflubenzuron: 150 g/l 1-(3,5-dichloro-2,4-difluorophenyl)-3-(2,6-difluorobenzoyl) urea) y con un testigo absoluto (sin aplicación), para el control de ***Stenoma cecropia***.

Para este trabajo se usó un diseño de Bloques completamente al azar, con 4 repeticiones, y dos unidades experimentales, se hizo la aplicación con equipo de espalda de motor, teniendo precaución de anular el efecto de deriva, cuando la mayoría de las larvas estaban en 2do y 3er instar, se tomaron lecturas de larvas sanas, enfermas y muertas a los 11 y 24 días después de aplicación.

Se realizó análisis de los resultados de larvas muertas usando comparación por método Anova y prueba de Duncan para los datos, el cual arrojó que no hay diferencias significativas ni entre los bloques ni entre tratamientos, pues en todos hubo algún porcentaje de control.

Cuando se hizo la comparación de larvas vivas iniciales respecto a las de la lectura del día 24 y se estableció el porcentaje de control, se pudo evidenciar que los porcentajes de control más altos estuvieron en los tratamientos T₂ (12 Kg de TD/ha) con el 91,9% y el T₄ (DART® 15 SC, 350 cc/ha), con el 91,8% y el de menor porcentaje de control fue el T₃ (8 Kg de TD/ha) con el 65%.

PALABRAS CLAVE: Tierra de Diatomeas, control, defoliador, instar, dosis, larvas.

INTRODUCCIÓN

Los daños económicos, las bajas producciones de cosecha y los impactos ambientales, han sido consecuencia de los insectos defoliadores del cultivo de la palma de aceite debido al efecto directo que causan por disminuir el área foliar de las plantas y a su vez, causar las heridas no cicatrizantes por donde entran algunos patógenos que causan enfermedades.

El control químico es la principal herramienta de lucha contra insectos plaga, causando la resistencia de éstos a las moléculas insecticidas. Como alternativa se ha implementado el uso y rotación de microorganismos entomopatógenos y como una nueva forma el uso de “Tierras Diatomeas”, ya que al ser además una fuente de Silicio “orgánico”, actúa sobre el insecto gracias a los cristales de sílice que generan abrasiones sobre la cutícula de los insectos, generando la deshidratación y la desecación debido a la absorción de lípidos y ácidos grasos epicuticulares.

Según los investigadores CASTILLO, ALDANA, CALVACHE, & GRIJALVA⁵, (2000) “***Stenoma cecropia*** Meyrick (Lepidóptera: Stenomidae) se ha registrado como plaga de la palma de aceite especialmente en la Zona Central (conformada por los departamentos de Santander, Norte de Santander, Sur del Cesar, Sur de Bolívar, Nororiente de Antioquia), ya que puede causar grandes defoliaciones, no sólo por su daño directo sino por facilitar el establecimiento y desarrollo del complejo de hongos que producen la enfermedad denominada Pestalotiopsis. Tradicionalmente su control se ha llevado a cabo mediante el uso de productos químicos a base de compuestos organofosforados e inhibidores de síntesis de quitina, que por su uso frecuente y dosis cada vez más elevadas, vienen generando altos costos de producción y resistencia de la plaga a los insecticidas.”

Ante esta situación, se realizó este trabajo en palmas jóvenes ubicadas en la localidad del Sur del Cesar, con el fin de evaluar un método más amigable con el medio ambiente, usando las Tierras de Diatomeas como control alternativo del insecto, comparando diferentes dosis del mismo, frente al agroquímico comercial más usado en la lucha contra ***Stenoma cecropia***: el DART® 15 SC y un testigo absoluto

⁵CASTILLO, M; ALDANA, J; CALVACHE, H & GRIJALVA O. Evaluación de técnicas de liberación de *Trichogramma pretiosum* Riley (Himenóptera: Trichogrammatidae) para el manejo de *Stenoma cecropia* Meyrick (Lepidóptera: Stenomidae) en el cultivo de Palma de aceite *Elaeis guineensis* Jacq.). Revista Palmas. 1(21). 2000 {En línea}. {12 de Noviembre del 2015}. Disponible en: <http://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/viewFile/786/786>.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Stenoma cecropia (Lepidóptera) ha sido registrado como plaga de la palma de aceite en Colombia, Ecuador, Honduras, Panamá, Perú y Venezuela; es plaga grave en Costa Rica. En Colombia muestra mayor importancia en la zona de Tumaco, Puerto Wilches y sur del Cesar. Es una plaga polífaga, ataca *Coffea arábica* (café), *Psidium guayaba* (guayaba), *Theobroma cacao* (cacao), cítricos y árboles forestales⁶

“Los daños de ***Stenoma cecropia*** (Lepidóptera: Stenomidae) son muy característicos por la presencia de cápsulas pegadas a las nervaduras, rodeadas de zonas secas o recortadas. El daño es causado por las larvas cuando se alimentan del parénquima foliar próximo a la cápsula donde se desarrollan. Durante los primeros estados solo roen el tejido superficial, facilitando la entrada de hongos”⁷ generando la defoliación de las plantas y eventualmente, del cultivo.

Según BUSTILLO (2014)⁸, las principales plagas del cultivo de palma de aceite en la zona Central (a donde pertenece el Sur del Cesar) son: ***Strategus aloeus***, ***Rhynchophorus palmarum***, ***Sagalassa valida***, ***Stenoma cecropia*** y ***Demotispa neivai***.

Existe un problema de defoliación en los cultivos de palma de aceite en el Sur del Cesar, causada por la acción voraz de la larva del insecto ***Stenoma cecropia*** y debido a la resistencia creada por la aplicación continua y prolongada de productos a base de síntesis química, se plantea el uso de las Tierras Diatomeas como alternativa de control eficaz gracias al efecto insecticida que ejerce sobre los hábitos de vida e instares del insecto.

⁶ ALDANA DE LA TORRE, R; ALDANA DE LA TORRE, J. A; CALVACHE. H & BAUTISTA, P. Manual de plagas de la Palma de Aceite en Colombia. Cuarta edición. Bogotá: Publicación del Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma. 2009.198.144 p.

⁷ Ibíp., p.144.

⁸ BUSTILLO. A. Manejo de Insectos-plaga de la Palma de Aceite con énfasis en el control biológico y su relación con el cambio climático. vol. 35. Bogotá. Revista Palmas. 2014 .68-79 p.

2. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar Las Tierras de Diatomeas (SiO_2) en el control del defoliador del cultivo de la Palma de Aceite ***Stenoma cecropia*** (Lepidóptera: Stenomidae), bajo diferentes dosis en cultivos jóvenes en el Sur del Cesar.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar un control alternativo del insecto ***Stenoma cecropia*** (Lepidóptera), defoliador del cultivo palma de aceite.
- Comparar la eficiencia en el control de larvas de ***Stenoma cecropia*** (Lepidóptera) de las Tierras de Diatomeas (SiO_2) en diferentes dosis y con un testigo comercial.
- Buscar alternativas de control que sean más amigables con el medio ambiente y favorezcan la variabilidad en el uso del control integrado de plagas.
- Controlar poblaciones de ***Stenoma cecropia*** usando Tierras de Diatomeas (SiO_2) para evitar que causen daños al follaje de la palma.

3. JUSTIFICACIÓN

Los ecosistemas de naturaleza perenne tienen problemas de defoliadores e insectos barrenadores; sin embargo, la pérdida de la regulación natural a cargo de la fauna asociada a estos ecosistemas, ha hecho que el uso indebido e indiscriminado de insecticidas de síntesis química altere el equilibrio, haciendo que las plagas se tornen resistentes a esas moléculas y propicie además el aumento indiscriminado de poblaciones de otros insectos que no son catalogados como plagas, generando problemas adicionales. Dada su naturaleza de cultivo perenne, la palma de aceite, no está exenta a esta situación.

En nuestro país existe un área actual sembrada cercana a las 470.000 hectáreas distribuidas en las cuatro zonas palmeras (Norte, Central, Oriental y Suroccidental), en donde debido a las diferencias geográficas y agroecológicas se establecen sistemas de manejo del cultivo no apropiados, exponiendo al cultivo a la amenaza de un gran número de plagas: insectos defoliadores, insectos chupadores de la fruta y del follaje, barrenadores y minadores de raíces, los cuales generan serios problemas al cultivo y subsecuentemente, pérdidas económicas considerables.

La creciente demanda de una agricultura de bajo impacto ha impulsado a los investigadores y la industria, a trabajar en el desarrollo de pesticidas alternativos, menos tóxicos y ecológicamente aceptables, que se ajustan a las exigentes normas internacionales. Asimismo, la marcada tendencia hacia la agricultura sustentable también ha impulsado a los investigadores en la búsqueda de insecticidas alternativos por fuera del marco de la síntesis orgánica, explorando diferentes sustancias de origen natural como extractos vegetales, aceites insecticidas e insecticidas inorgánicos⁹.

Los inconvenientes generados por *Stenoma cecropia* han llevado a los actores de la cadena del cultivo de palma de aceite a la búsqueda e implementación de herramientas amigables con el medio ambiente que no repercutan desfavorablemente con el equilibrio dinámico de los ecosistemas. Dentro de estas alternativas amigables, el uso de las Tierras diatomeas toma un especial interés, ya que gracias a que los residuos de este producto orgánico caen al suelo, sirven

⁹ STADLER, T; BUTELER, M & WEAVER, D. Nano insecticidas: Nuevas perspectivas para el control de plagas. Rev. Soc. Entomol. Argent. vol.69. 2010 {En línea}. {3 de Noviembre del 2015}. Disponible en: <http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0373-56802010000200001&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0373-5680.

además a la planta como fuente de Silicio, dando a la vez fortaleza a los tejidos y resistencia al ataque de enfermedades y algunas plagas.

4. ESTADO DEL ARTE

4.1 ANTECEDENTES

Vargas & Salazar (2013), aplicaron “Tierras Diatomeas” sobre plántulas de caucho en condiciones de vivero con el fin de evaluar su actividad biológica analizando el porcentaje de brotación de Stumps y supervivencia de plántulas. Las variables fisiológicas evaluadas fueron peso fresco y seco de la parte aérea y foliar, incidencia y severidad de enfermedades, incidencia y severidad de plagas. El diseño experimental utilizado fue parcelas divididas, con 5 tratamientos, 4 repeticiones y 10 unidades experimentales. Los tratamientos en donde fue aplicado el producto Tierras diatomeas en Stump y en bolsa, presentaron la mejor respuesta en las variables evaluadas.¹⁰

Además de los beneficios nutricionales del Silicio en la parte de defensa de la planta, se sabe que el uso de las diatomeas fosilizadas actúan como insecticida. De acuerdo a lo anterior, Fusé *et al.*, en 2013, usaron tierra de diatomeas (TDs) como insecticida de bajo riesgo para la salud humana y el ambiente y éste se encuentra registrado en numerosos países para la protección de granos almacenados. Evaluaron la capacidad insecticida de TDs obtenidas de yacimientos argentinos mediante bioensayos con coleópteros plaga de granos almacenados. Los resultados de estos ensayos se compararon con parámetros fisicoquímicos de las TDs (densidad aparente compactada, reducción del peso hectolítrico, adherencia al grano y pH), propuestos por Korunic (1997), como parámetros predictivos para la evaluación de la eficacia insecticida. Los resultados obtenidos por ambos métodos fueron concordantes y variaron en función del yacimiento y de la especie de insecto en estudio. La metodología descrita es un procedimiento sencillo y eficaz para efectuar una evaluación preliminar de la capacidad insecticida del material proveniente de diferentes canteras de tierra de diatomeas¹¹.

¹⁰ VARGAS TRIVIÑO, M. V.; SALAZAR ROJAS, J. Prueba de la actividad biológica de “Tierra de Diatomeas” En viveros de caucho en Itarka La Montañita Caquetá. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y de Medio Ambiente. tecnología agroforestal. Florencia. 2013.

¹¹ FUSÉ, C; VILLAVERDE, M; PADÍN, S; DE GIUSTO, M; JUÁREZ, M. Evaluación de la actividad insecticida de tierra de diatomeas de yacimientos Argentinos. Argentina. RIA Vol. 39 N. °2. 2013. P 207. {En línea}. {5 de Noviembre del 2015} disponible en: <http://ria.inta.gov.ar/wp-content/uploads/2013/08/Art.10Fuse.pdf>

Con el mismo objetivo de evaluar la capacidad insecticida, Vayias & Athanassiou en 2004, evaluaron SilicoSec, producto a base de tierras diatomeas para el control del escarabajo de la harina *Tribolium confusum* DuVal (Coleóptera: Tenebrionidae). Esta evaluación fue realizada bajo condiciones de laboratorio, controlando Temperatura y Humedad Relativa. Se contó con 12 tratamientos en cuatro grupos de estadíos del insecto, obteniéndose que la mortalidad de las larvas y adultos se incrementa con la Temperatura y disminuye con el incremento en la humedad Relativa. Así mismo, los estadíos más jóvenes fueron más sensibles al efecto del SilicoSec.

Por su parte Bolbao *et al.*, 2007., evaluaron la eficacia del insecticida de Tierras Diatomeas (TD) del 60% de pureza proveniente del yacimiento “La Iglesiasiana” en Argentina. Esta evaluación fue realizada sobre *Triatoma infestans* (Hemiptera, Reduviidae), en estado de ninfa y adulto, espolvoreando dosis a razón de 112,5g/m² y 225g/m² sin encontrar diferencias significativas entre los tratamientos, concluyendo entonces que las TD de este yacimiento no poseen capacidad insecticida.

4.2 MARCO TEÓRICO

4.2.1 Generalidades del cultivo de palma de aceite en Colombia.

4.2.1.1. Área sembrada en Colombia y productividad: En 2014 la producción de aceite de palma crudo superó las 1.100.000 toneladas, lo que muestra una variación del 7% en comparación con lo alcanzado en 2013. El rendimiento nacional e aceite crudo de palma en 2014 fue de 3,1 ton/ha, mostrando una variación del 2% con respecto a lo obtenido en el 2013.

La comercialización nacional de aceite de palma colombiano en 2014 fue de 1.113.047 toneladas, de las cuales se vendieron al mercado local 862.862 toneladas, de las cuales el 55% (470.934) se destinaron al mercado de biodiesel, las restantes al mercado comestible tradicional y al mercado externo 250.364 toneladas.

Para el 2014 se estimaba que había sembradas unas 450.131 hectáreas, lo que indica un incremento del 1% con respecto al área sembrada en 2013. El área en producción aumentó 4% alcanzando 353.566 hectáreas lo que indica una participación del 79% en el área sembrada. En la Zona Central el área sembrada

representa el 32% del total del país con 143.493 hectáreas dedicadas al cultivo de aceite.

El rendimiento de fruto de palma fue de 15,3 t/ha, 3% más que el registrado en el año anterior con 14,9 t/ha. La tasa de extracción de aceite de palma nacional fue de 20,5% con una disminución del 1% respecto al 2013. El mejor comportamiento de extracción regional se presentó en la Zona Central con 20,9% con resultados superiores al total del país.¹²

4.2.1.2. Condiciones climáticas para el cultivo de la palma: Temperatura: Generalmente se acepta que el crecimiento y producción de la palma de aceite se desempeña mejor cuando la temperatura promedio mensual es de 29° C a 32° C y un rango mínimo de 22° C a 24° C. Debido a que esta es una especie tropical, solo se la puede cultivar en los países que se encuentran en la franja comprendida entre los 15° de latitud norte 15° de latitud sur. La máxima altura a la que se siembra palma en el país es de 500 metros sobre el nivel del mar y corresponde a plantaciones del piedemonte llanero y particularmente, en el departamento del Meta.

- Precipitación: El cultivo requiere de un suministro de agua adecuado. De lo contrario, se limita la productividad ya sea por exceso o por defecto. En general una precipitación apropiada para el cultivo está entre los 2.000 y los 4.000 milímetros anuales, bien distribuidos a lo largo del año y sin épocas de verano prolongadas.
- Humedad relativa: La humedad relativa es el resultado de una interacción entre otros factores de clima como la precipitación, el viento y la radiación. En general una humedad relativa del 80% es apropiada para el cultivo
- Brillo y radiación solar: Además de las buenas condiciones de humedad, lluvia, temperatura y suelo, el cultivo demanda una buena cantidad y calidad de radiación solar para garantizar su potencial productivo. Algunos estudios han demostrado una estrecha relación entre el número de horas de brillo solar y el potencial de productividad.¹³

¹² FEDEPALMA. Mini Anuario estadístico, Principales cifras de la agroindustria de la palma de aceite en Colombia. 2015.

¹³ UNAD. Contexto y sostenibilidad de la agroindustria de la palma de aceite. Generalidades de la Palma de Aceite. {En línea} {10 de Mayo} Disponible en: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/356005/Contenido_EXE/Contenido_exe/leccin_1_generalidades_de_la_palma_de_aceite.html

4.2.1.3 Botánica de la palma de aceite *Elaeis guineensis* Jac. Según la clasificación de las plantas, la palma de aceite pertenece a la familia Arecaceae del género *Elaeis*. En 1763 N. J. Jacquin hizo su descripción botánica y su clasificación definitiva, y le dio el nombre de *Elaeis guineensis*, que fue tomado de la palabra griega Elaion que significa aceite y Guineensis, porque Jacquin atribuyó su origen a las costas de Guinea en África. En América existe una especie del mismo género, la palma de aceite americana o palma Nolí, *Elaeis melanococca*, nombre asignado por Gaertner en 1788. Esta especie es nativa de Colombia, Panamá, Costa Rica, Ecuador, Brasil y Perú, entre otros. Crece en forma espontánea en los valles interandinos y en la Amazonia. Es de gran utilidad por ser la base para la producción de híbridos a partir de cruzamientos con la palma africana, en razón a que el aceite de la palma americana es de excelente calidad y resistentes a las principales enfermedades de la palma africana.

- Semilla: La semilla de la palma de aceite está conformada por el cuesco o nuez, cuyo grosor cambia de acuerdo con la variedad de la palma. Dentro del cuesco se encuentran de una a tres almendras. Sin embargo, la mayoría de las semillas contiene una sola.
- Hojas: Durante los dos primeros meses, las hojas de las plántulas son de tipo lanceolado, de color verde y de bordes continuos. Después del tercero surge una hendidura en la parte apical y la hoja se bifurca. Luego de los seis a siete meses, las hojas presentan hendiduras que separan las láminas entre las venas para formar los foliolos o pinnas. El número de hojas en una palma está condicionado genéticamente. Sin embargo, de la semilla se forman las estructuras que posteriormente darán origen a las hojas de las plántulas. Treinta días después de germinar emerge una hoja verde que continúa saliendo hasta el sexto mes de edad. Durante los dos primeros meses, las hojas de las plántulas son de tipo lanceolado, de color verde y de bordes continuos. Después del tercero surge una hendidura en la parte apical y la hoja se bifurca. Luego de los seis a siete meses, las hojas presentan hendiduras que separan las láminas entre las venas para formar los foliolos o pinnas. El raquis es el eje central de la hoja y se une al estípite o tronco de la palma, por medio del peciolo que es su parte más ancha. El peciolo mide aproximadamente 1,5 metros de longitud y va desde el estípite hasta el raquis propiamente dicho. En la unión del peciolo y el raquis se presentan foliolos rudimentarios como espinas; a continuación y hasta el ápice de la hoja, se encuentran de 100 a 160 pares de foliolos en las caras laterales del raquis.

Durante la etapa de crecimiento de las plántulas no se observa el tronco o estípite, porque desde el vivero y hasta cuando la palma cumple unos tres años, se van acumulando las hojas. Solo hasta el momento de la primera poda, cuando se eliminan las hojas no funcionales, se hace evidente un tallo cilíndrico y

característico de la especie, que crece anualmente de 25 a 30 cm hasta 100 a 120 cm por año, según el material genético y el medio ambiente de la región.

- El tronco: Tiene tres funciones: a) Dar soporte a las hojas, a las inflorescencias y a los racimos de fruto, b) Mantener el sistema vascular para el transporte de nutrientes y agua de la raíz hacia los órganos de la palma y para el transporte de fotosintetizados de las hojas al resto de la palma y, c) Almacenar carbohidratos y minerales como el potasio.

En el extremo del tallo o tronco, opuesto a la raíz, se encuentra el meristemo, único punto de crecimiento de la planta. A partir de él se producen las hojas y las inflorescencias de la palma. Las hojas se producen de manera continua y se disponen de forma ordenada desde la parte superior del tronco y en forma de espiral de arriba hacia abajo. Este tipo de distribución de las hojas se conoce como filotaxia. Las palmas cuya organización del espiral de hojas va de izquierda a derecha se denominan de filotaxia izquierda y si el espiral va en sentido contrario, es derecha.

- Raíces: Por tratarse de una planta monocotiledónea la palma de aceite tiene un sistema de raíces fasciculadas, que se desarrollan desde el bulbo o base del estípite. Las raíces se concentran principalmente en los primeros 5 y 50 centímetros del horizonte del suelo y se clasifican en primarias, secundarias, terciarias y cuaternarias.

Las primarias inician su formación sólo 3 ó 4 meses después de la germinación. Alcanzan un diámetro de 6 a 10 mm. Una palma puede tener de 8.000 a 10.000 raíces primarias. La mayoría se extienden casi horizontalmente y alcanzan hasta 15 ó 20 metros de longitud, algunas crecen hacia abajo, hasta cerca de un metro de profundidad. Las primarias no se ramifican ni pueden absorber nutrientes o agua. Por tanto, su función es de anclar la palma al suelo y soportar las raíces secundarias.

- Inflorescencias: La palma de aceite es monoica: produce flores femeninas y masculinas en órganos separados de la misma palma. Además de presentar los sexos en estructuras diferentes, nunca se producen dos estructuras con sexo diferente en forma simultánea.
- Fruto: El fruto de la palma es una drupa sésil de 2 a 5 cm de largo y un peso entre 3 y 20 gramos. Al realizar un corte transversal a un fruto es posible distinguir las siguientes estructuras: Pericarpio: es un tejido vegetal de gran importancia económica y está constituido por una piel exterior llamada

exocarpio y por otra interior constituida por una pulpa y un tejido fibroso llamada mesocarpio, de la cual se extrae el aceite de palma. Endocarpio o cuesco de 0.5 a 8 mm de espesor. Endospermo o almendra que, junto con el cuesco, constituye la nuez o semilla.¹⁴

4.2.2 Labores agronómicas del cultivo de la palma.

4.2.2.1 Preparación de suelos y siembra. Los criterios técnicos para la preparación o labranza de los suelos se determinan con base en los resultados de los estudios tendientes a lograr su caracterización. De esta manera, se evita cometer errores e incurrir en costos innecesarios, lo cual ocurre cuando se copia el sistema de preparación ejecutado en otro terreno, que quizás presenta diferencias grandes respecto del que se desea preparar.

- Ahoyado: Puede ser mecánico o manual y sirve para alistar el sitio donde será sembrada cada palma. Los implementos para realizar estas operaciones son el ahoyador manual, la pala o palín, y el ahoyador mecánico.
- Siembra de coberturas: Se utiliza como cobertura vegetal viva plantas leguminosas como el *Desmodium ovalifolium* o el *Pueraria phaseoloides* a razón de 2 y 1 Kg/ha respectivamente, esparcidas al voleo.¹⁵

4.2.2.2 Control de malezas: Los principales objetivos del control de las malezas son los siguientes:

Minimizar la competencia de las malezas con la palma por luz, espacio, nutrientes y agua.

Estimular el crecimiento vigoroso de la palma durante sus primeros meses de vida.

Facilitar la visualización del bulbo de la palma durante los primeros años de desarrollo, para detectar la presencia o ataque de plagas como el *Strategus aloeus*.

¹⁴ Contexto y sostenibilidad de la agroindustria de la palma de aceite .UNAD. Op. Cit.

¹⁵ FRANCO, P. Alistamiento de áreas de siembra para Palma de aceite. Convenio de Asociación entre Fedepalma, Uniminuto, UNAD, Uninariño y otros. Bogotá. 2010.

Mantener despejada el área del plato de la palma para facilitar las siguientes labores:

- La búsqueda de raíces primarias, para los tratamientos de control de plagas.
- El corte y recolección de fruta, la supervisión de la aplicación de fertilizantes, la cosecha y el control de plagas.

Facilitar el desplazamiento de operarios, equipos y semovientes utilizados para las actividades de cosecha, monitoreo y mantenimiento general del cultivo.

Minimizar el riesgo del ataque de serpientes, insectos u otro tipo de artrópodos nocivos para la salud e integridad de las personas y de los animales de labor.

Frenar el avance natural de la vegetación circundante hacia el cultivo, particularmente, de gramíneas y arbustos.

Permitir el libre flujo del agua a través de los canales de riego o drenaje hacia el lote o hacia los drenajes naturales.

Facilitar la visualización de los canales y evitar así accidentes de los operarios o de los semovientes durante la ejecución de actividades de cosecha, mantenimiento o monitoreo de las áreas de cultivo.

Esta labor se puede llevar a cabo usando diferentes métodos según se cada situación y puede ser química, mecánica o física.¹⁶

4.2.2.3 Poda de la palma: La poda consiste en eliminar las hojas que no son funcionales en una palma. Durante los dos a tres primeros años el número de hoja se incrementa y acumula en la corona de la palma, porque de esa manera se forma el estípote o tronco. Cuando comienza la fase productiva el número excesivo de hojas dificulta la cosecha e impide la maniobrabilidad de las herramientas utilizadas para el corte de racimos maduros.

Existen dos tipos de poda: de formación y de mantenimiento. La de formación es la primera que se realiza a una palma cuando los racimos están a una altura de 80 o más centímetros del suelo. En ese momento se eliminan todas las hojas

¹⁶ FRANCO, P. Op. Cit., p58

inferiores, hasta dejar solamente una debajo de cada racimo maduro y dos debajo de los racimos verdes.

4.2.2.4 Aplicación de fertilizantes: Es una actividad de tipo mecánico o manual que puede realizarse con la ayuda de maquinaria especializada, semovientes con carretas o simplemente sacos cargados por un operario, mediante la cual se reparte una serie de nutrientes a cada palma, de acuerdo con unas cantidades ya establecidas.

La fertilización forma parte de las prácticas agronómicas para satisfacer las necesidades de nutrición del cultivo, para lo cual es necesario conocer la relación entre la disponibilidad de nutrientes en el suelo y en la planta y los requerimientos de nutrientes de la palma para garantizar un nivel determinado de producción. Para conocer tales necesidades se realizan análisis de suelos y foliares.

El programa de fertilización es una recomendación exclusiva para cada unidad de producción, inclusive varía en los lotes de una misma finca, según los resultados del estudio de caracterización de suelos y del diseño de Unidades de Manejo Agronómico (UMA). Generalmente se acude a fertilizantes simples y de manera muy ocasional se emplean los compuestos. También es frecuente la aplicación de materia orgánica al cultivo.¹⁷

4.2.2.5 Cosecha. La cosecha constituye un componente fundamental del sistema productivo de palma de aceite. Implica conocimientos sobre técnicas para realizar la selección de racimos, el corte de racimos y la recolección de frutos; igualmente, sobre los equipos y sistemas de transporte de fruto dentro de las áreas de cultivo, acopio y transporte de fruto a la planta de beneficio.

Racimos maduros: Son los que muestran uno o más frutos ligeramente desprendidos de su base, pero que no han caído a la corona o al plato de la palma. El color de los frutos es amarillo-anaranjado en racimos de tipo *Virescens*, y negro con tonalidades amarillas y rojizas en los de tipo *Nigrescens*.

La frecuencia óptima de corte para cultivos mayores de cuatro años de edad es de 8 a 10 días. Se realiza cada 8 días en época lluviosa y cada 10 días en época seca.

¹⁷ Contexto y sostenibilidad de la agroindustria de la palma de aceite .UNAD. Op. Cit.,

En cultivos menores de cuatro años es posible que no haya suficientes racimos maduros y por ello, en numerosas plantaciones, el corte de racimos maduros se realiza cada 10 días en la época lluviosa y cada 15 días en la época seca.

En el caso de los cultivos de material híbrido de *Elaeis guineensis* x *Elaeis oleífera*, los ciclos son más amplios y superan los 15 días.

La cosecha tiene como actividades básicas las siguientes:

- La búsqueda y localización del racimo maduro
- El alistamiento de las herramientas de corte
- El corte de hojas que obstruyen el acceso al racimo
- El corte de racimos maduros
- El corte de pedúnculos largos de los racimos
- La acomodación de hojas cortadas
- La recolección de racimos y frutos sueltos
- El transporte de los racimos y del fruto suelto al sitio de acopio.¹⁸

4.2.2.6 Manejo sanitario del cultivo: El control sanitario consiste en el manejo de las plagas y enfermedades que afectan al cultivo. Las bases para el control son el conocimiento de los insectos plaga y los síntomas de las enfermedades propias del cultivo en cada región del país y de acuerdo con la edad de las palmas.

La experiencia de las plantaciones y los resultados de la investigación de Cenipalma han permitido el conocimiento gradual de los insectos y de las enfermedades perjudiciales para el cultivo, sus niveles de daño y las estrategias de manejo, enfocadas dentro de un concepto de Manejo Integrado del Cultivo.

Según la zona geográfica en donde se encuentra el cultivo, hay una serie de problemas sanitarios preponderantes, por ejemplo: el Añublo foliar o Pestalotiopsis, enfermedad endémica en las zonas Norte y Central; la Pudrición del Cogollo, en las zonas Oriental, Occidental y Central; la Pudrición Letal, en la Zona Oriental; los insectos defoliadores en la Zona Central y la Mancha Anular en la Zona Occidental, entre otros. Para estos casos, Cenipalma dedica la mayor parte de su esfuerzo económico y científico, con miras a diseñar estrategias de manejo, acordes con la racionalidad en el costo y enmarcados dentro del concepto de sostenibilidad del cultivo.

¹⁸ FRANCO, P. Op. cit., p. 38.

Las estrategias para el control sanitario comienzan a partir del manejo integrado del cultivo. Su principal componente es el manejo de la nutrición. La prescripción del programa de fertilización, fundamentado en las unidades de manejo agronómico, es la base para un buen balance nutricional y desarrolla en la palma una capacidad de tolerancia a los ataques de las plagas o enfermedades del cultivo, además de que garantiza la adecuada expresión del potencial productivo de la palma.¹⁹

4.2.3 Generalidades de *Stenoma cecropia* Meyrick. Plaga polífaga que ocasiona grandes defoliaciones en el cultivo de palma de aceite en las zonas Suroccidental y Central de Colombia. Su manejo generalmente está centrado en el uso de insecticidas químicos.

4.2.3.1. Clasificación Taxonómica: Su clasificación es:

Orden: Lepidóptera.

Familia: Stenomidae.

Especie: ***Stenoma cecropia*** Meyrick.

Nombre Vulgar: Gusano Cuernito Menor.

Según Aldana *et. al*, 2009²⁰ la descripción general del ciclo de vida oscila entre 52 a 60 días, las fases de desarrollo del insecto son:

- Adulto (Véase Foto 1): Poseen un penacho de escamas de color negro sobre el tórax, son de color marrón sus alas anteriores, con una línea diagonal sobre cada una de ellas formando una “V” cuando la mariposa está en reposo. Sus alas posteriores son de color rosado entre 23 y 25mm de envergadura alar los machos, mientras que las hembras entre 26 y 30mm. (Reyes y Cruz, 1986; Genty *et ál.*, 1978, citados por Aldana, 2009). Su tiempo de duración en esta fase es de 5 a 10 días.

¹⁹ Contexto y sostenibilidad de la agroindustria de la palma de aceite .UNAD. Op. Cit.

²⁰ ALDANA, Op. cit.p.145.

Foto 1. Adulto de *Stenoma cecropia* Meyrick.



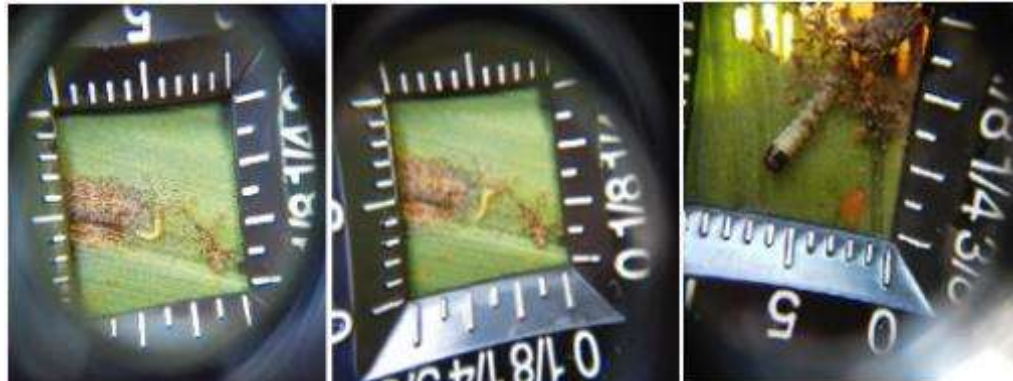
- Huevo (Véase Foto 2): Tiene forma ovalada, ligeramente aplanada, con un diámetro de aproximadamente 1,0 mm. El corión es transparente con bandas longitudinales, tornándose oscuro a medida que avanza su desarrollo. (Genty et ál., 1978; Zenner de Polanía y Posada, 1992, citados por Aldana, 2009). La duración de esta fase es de 3 a 5 días.

Foto 2. Huevo de *Stenoma cecropia* Meyrick.



- Larva (Véase Foto 3): De color amarillo con bandas longitudinales de color vino tinto, pueden alcanzar de 18 a 25 mm de longitud; se desarrollan dentro de una cápsula en forma de cuerno, construida con sus excrementos y pasan por ocho a diez instares larvales (Moreno 1997; Genty et ál., 1978, citados por Aldana, 2009).

Foto 3. Larvas de *Stenoma cecropia* Meyrick.



Según BARRIOS *et. al* (2013)²¹ La duración de esta fase es de 36 a 40 días. Las larvas atraviesan en esta fase por 9 instares: durante el I instar las larvas son incoloras o despigmentadas, se desplazan rápidamente al envés del mismo u otro foliolo al que llega por medio de hilos de seda, iniciando allí su alimentación y construcción del estuche con forma de cuerno que les sirve de protección durante las fases de larva y pupa. Luego de la construcción de este estuche, la larva extiende una red de seda, desde la parte superior del estuche hasta el foliolo delimitando así su área de alimentación; además tan pronto la larva siente una mínima vibración, la larva vuelve rápidamente al estuche.

En el II instar, se evidencia el cambio de cápsula cefálica. El III instar la cápsula cefálica se torna color vino tinto. Los siguientes instares larvales se determinan por la aparición de los restos de la cápsula cefálica que la larva saca fuera de su estuche de protección, acompañado por cambios en la coloración de la larva. La larva generalmente empupa dentro del estuche que construye en el estado larval.

- Pupa (Véase Foto 4): Llega a medir de 60 a 80 mm; se encuentra dentro del cuernito, la crisálida es desnuda, de tipo ex arata y coloración amarilla o marrón-rojo-brillante, según su madurez. Presenta parcial movilidad, tiene ganchos en los uritos 5, 6, 7 y 9, que se fijan en la cápsula protectora, donde se desarrolla cerca del orificio y su tiempo de desarrollo está entre los 18 y 22 días (Moreno, 1997, citados por Aldana, 2009). La duración de esta fase es de 13 a 15 días.

²¹ BARRIOS, C, ALDANA R, & BUSTILLO, A. Biología del defoliador de la Palma de Aceite, *Stenoma cecropia* Meyrick (Lepidoptera: Elachistidae). Vol. 34, no. 3. Palmas. 2013. p. 13-19.

Foto 4. Pupa de *Stenoma cecropia* Meyrick.



4.2.3.2. Manejo Integrado de *S. cecropia*: El conocimiento de los hábitos y la biología de los insectos, constituyen la herramienta básica para el establecimiento y desarrollo de un manejo integrado de plagas y enfermedades. En el cuadro 5, puede observarse el manejo integrado de *S. cecropia*.

Tabla 1. Manejo Integrado de *S. cecropia*

| | |
|---|--|
| <i>Stenoma cecropia</i> | El daño es ocasionado desde que la larva emerge, los tres primeros Instares realiza raspado sobre el tejido foliar el cual favorece crecimiento de hongos, después del cuarto instar rompe tejido. |
| Control natural | |
| Depredadores | Chinches de la familia pentatomidae y arácnidos |
| Parasitoides | <i>Rhysipolis</i> y <i>Pnigalio</i> en larvas, en pupas <i>Conura</i> . |
| Control artificial | |
| Físico | Recolección de cápsulas y adultos |
| Control etológico | |
| Uso de trampas de luz y trampas con pegante | |
| Control | |
| Podas sanitarias en tercios bajos cuando se presenten ataques fuertes | |
| Control biológico | |
| Hongos | <i>Beauveria bassiana</i> , <i>Isaria</i> sp |
| Bacterias | <i>Bacillus Thuringiensis</i> |
| Virus | Poliedrosis nuclear |
| Parasitoides | <i>Trichogramma pretiosum</i> |
| Control químico | |

Productos inhibidores de síntesis de quitina , bloqueadores de receptores GABA y receptores de acetilcolina

Fuente: CADENA, Y., ESTEBAN, L. J. Manual de Manejo de Plagas y Enfermedades de Palmas del Cesar. San Martín, César. 2014. SGC-MN-DAG-08. p.23.

4.2.3.3. Importancia del insecto *Stenoma cecropia* Meyrick: “*Stenoma cecropia* Meyrick (Lepidóptera: Stenomidae) se ha registrado como plaga de la palma de aceite especialmente en la Zona Central (Santander, Norte de Santander, Sur del Cesar, Sur de Bolívar, Nororiente de Antioquia), ya que puede causar grandes defoliaciones, no sólo por su daño directo sino por facilitar el establecimiento y desarrollo del complejo de hongos que producen la enfermedad denominada Pestalotiopsis.

Tradicionalmente su control se ha llevado a cabo mediante el uso de productos químicos a base de compuestos organofosforados e inhibidores de síntesis de quitina, que por su uso frecuente y dosis cada vez más elevadas, vienen generando altos costos de producción y resistencia de la plaga a los insecticidas”²².

4.2.4 Tierras Diatomeas. Según su historia “Las Tierras de diatomeas son un depósito geológico formado por los esqueletos fosilizados de numerosas especies marinas silíceas y organismos unicelulares de agua dulce, en particular diatomeas y otras algas, tienen capacidad de absorción alta de aceite y es un insecticida potencial. Más allá de la capacidad de absorción, el tamaño de las partículas, la uniformidad y la forma de las partículas, el pH y la pureza tienen eficacia insecticida.

Este tipo de insecticida es un sílice amorfo de alta pureza, que tiene partículas de igual diámetro (<10 µm), pH <8,5, que contiene el menor número de partículas de arcilla y menos de 1% de sílice cristalina. Las partículas de Tierra de Diatomeas son fácilmente recogidas por insectos que tienen cuerpos ásperos. Las partículas dañan la cutícula, a través de la abrasión, la cutícula es permeable al agua y sale del cuerpo de los insectos que causan la muerte por deshidratación”²³.

“Los polvos minerales con propiedades insecticidas y especialmente los polvos inertes (PI), como por ejemplo la tierra de diatomeas y el caolín, exhiben características deseables tales como: especificidad, baja toxicidad para el hombre y

²²CASTILLO, S; ALDANA, J; CALVACHE, H & GRIJALVA, O. Evaluación de técnicas de liberación de *Trichogramma pretiosum* Riley (Himenóptera: Trichogrammatidae) para el manejo de *Stenoma cecropia* Meyrick (Lepidóptera: Stenomidae) en el cultivo de Palma de aceite *Elaeis guineensis* Jacq.). Revista Palmas. 2000 {En línea}. {12 de Noviembre del 2015}. Disponible en: <http://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/viewFile/786/786>

²³ KORUNIC, Z. Diatomaceous Earths, a group of natural insecticides. Hedly Vancouver. Technologies Inc. Canadá. P. 1. {en línea}. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/223262487_ReviewDiatomaceous_earths_a_group_of_natural_insecticides

para los organismos benéficos, biodegradabilidad, bajo costo y baja probabilidad de generar resistencia”²⁴.

En cuanto a su estructura y modo de acción “Las Tierras de diatomeas (DE) son estructuras amorfas de Dióxido de silicio, compuestas de diatomeas fosilizadas, actúa como un insecticida por absorción de lípidos y ácidos grasos epicuticulares, dando lugar a la desecación en los artrópodos. Numerosas formulaciones DE se han intentado para la gestión de plagas con acumulación de producto con buenos resultados. DE tiene persistencia en su acción, plantea pocas o ninguna resistencia a plagas problemas, y no deja residuos. La eficacia de la DE reflejada en factores tales como: su procedencia, temperatura, humedad y características de objetivos plagas y sustrato”²⁵.

Inicialmente se eliminó de las fuentes indispensables en las plantas al Silicio; pero “en los últimos años ha aumentado el interés por estudiar el papel del silicio (Si) en los organismos vivos en general. Dada su abundancia sobre la corteza terrestre y la suposición de que su concentración era aún mayor en el tiempo en que la vida hizo su aparición en la Tierra, es de esperarse que este elemento tenga algún papel en los organismos vivos. Esto se ha comprobado en algunos organismos unicelulares como las diatomeas, organismos marinos multicelulares como las esponjas, y en algunas plantas terrestres como las equisetáceas y otras de evidente interés para la humanidad como el arroz, caña de azúcar y calabaza. En ausencia de Si las plantas vasculares son más vulnerables a patógenos, insectos fitófagos y herbívoros. El Si también les confiere resistencia al estrés biótico y abiótico. Aunque se han encontrado evidencias genéticas de los posibles mecanismos de absorción y acumulación de Si, aún queda mucho por explorar acerca del papel bioquímico y fisiológico de este elemento en las plantas”²⁶.

En el caso de incrementar la resistencia al ataque de patógenos e insectos, “el papel del Si ha sido atribuido en parte a su acumulación y polimerización en las paredes celulares, lo cual constituye una barrera mecánica contra el ataque; sin embargo, se ha demostrado que el tratamiento de las plantas con Si trae como

²⁴ STADLER, T; BUTELER, M & WEAVER, D. “Nanoinsecticidas: Nuevas perspectivas para el control de plagas”. Rev. Soc. Entomol. Argent. vol.69. 2010 {En línea}. {3 de Noviembre del 2015}. Disponible en: <http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0373-56802010000200001&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0373-5680

²⁵ MOHD, A & AKHTAR, A. Use of diatomaceous earth for the management of stored- product pests; Srinagar- India. University of Agricultural Sciences and Technology of Kashmir. International Journal of Pest Management. 2014. P 101-102.

²⁶ AGUIRRE, C; CHÁVEZ, T; GARCÍA, P; RAYA, J. El Silicio en los organismos vivos. Caracas. Interciencia. 2007. P 1. {en línea}. {10 de Noviembre del 2015} Disponible en: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442007000800004

consecuencia la acumulación de compuestos fenólicos, lignina y fitoalexinas. En plantas tales como calabacita (***Cucurbita sp.***), avena (***Avena sativa***) y sorgo (***Sorgum bicolor***) se ha observado que la fertilización con Si trae como consecuencia un aumento en la síntesis de peroxidasa, polifenoloxidasa, glucanasas y quitinasas; estas enzimas están relacionadas con un incremento en la producción de quinonas y especies reactivas de O₂ que tienen propiedades antibióticas, favorecen la mayor lignificación de los tejidos, la disminución en la calidad nutricional y la digestibilidad, todo lo cual genera, consecuentemente, un decremento en la preferencia de los insectos por las plantas”²⁷.

4.2.4.1 El uso de Tierra de Diatomeas como insecticida: “La Tierra de diatomeas, se puede incorporar con éxito el programa de Granos almacenados de Manejo Integrado de Plagas (ISGPM); ya que son insecticidas naturales de baja toxicidad para los mamíferos, y demostró ser muy eficaz porque contiene una amplia gama de especies (Subramanyam y Roesli 2000). Son naturales de compuesto mineral sedimentario silíceo; formado a partir de los fósiles de diminutos fitoplancton (diatomeas) que absorbe los lípidos epicuticulares de la cutícula del insecto, causando la muerte a través de la desecación (Ebeling 1971)”²⁸.

“Los daños de ***Stenoma cecropia*** son muy característicos por la presencia de cápsulas pegadas a las nervaduras, rodeadas de zonas secas o recortadas. El daño es causado por las larvas cuando se alimentan del parénquima foliar próximo a la cápsula donde se desarrollan. Durante los primeros estados solo roen el tejido superficial, facilitando la entrada de hongos”.²⁹.

²⁷ Ibí. p.12.

²⁸ MOHD, Op. cit.p.101-102.

²⁹ ALDANA, Op. cit.p.144.

5. MARCO LEGAL

Las plagas de la palma son un gran número y la mayoría de ellas es común en todas las regiones productoras del país, sólo dos de ellas están declaradas de control oficial. La Resolución 4170 de Diciembre de 2014, del Instituto Agropecuario ICA las cuales son ***Rhynchophorus palmarum*** y ***Strategus aloeus***, en el caso de ***Stenoma cecropia***, el insecto que se utilizó para ensayar el efecto insecticida de “La Tierra de Diatomeas”, no está incluida en este decreto.

Del mismo modo, esta plaga se debe controlar porque surgen explosiones de poblaciones que se desbordan en dos o tres ciclos generacionales, causando pérdidas en la producción al disminuir el follaje de las palmas.

EL INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO Por medio de la cual se declaran las plagas de control oficial en el cultivo de palma de aceite en el territorio nacional y se establecen las medidas fitosanitarias para su manejo y control. **EL GERENTE GENERAL DEL INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO (ICA)**, en uso de las facultades legales que le confieren el artículo 4o del Decreto 3761 de 2009 y el literal a) del artículo 4o del Decreto 1840 de 1994, y

CONSIDERANDO³⁰:

- Que el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), como Organización Nacional de Protección Fitosanitaria (ONPF), tiene la función de proteger la sanidad vegetal del país, mediante la ejecución de acciones de prevención, control y erradicación de plagas.
- Que corresponde al ICA establecer las acciones que sean necesarias para la prevención, control, manejo técnico y económico de plagas y enfermedades de los vegetales y sus productos.
- Que es necesario ejercer el seguimiento, inspección, vigilancia y control sanitario de la producción del cultivo de palma de aceite, con el fin de prevenir la diseminación de plagas en el territorio nacional.
- Que el cultivo de palma de aceite en Colombia está expuesto a riesgos fitosanitarios, debido a que en estos existen o se pueden presentar condiciones ambientales favorables para el desarrollo de plagas con alto riesgo de generar epidemias si no se efectúa un manejo oportuno.

³⁰ ICA. Resolución No. 004170, Artículo 4 del Decreto 3761 de 2009, literal a) del artículo 4o del Decreto 1840 de 1994. Ministerio de Agricultura. 2014. P 1-9.

- Que el ICA en sus actividades de inspección, vigilancia y control ha encontrado la presencia de las plagas Marchitez letal (ML), Anillo rojo (AR), Marchitez sorpresiva (MS), Pudrición del cogollo (PC), **Strategus aloeus** y **Rhynchophorus palmarum** en cultivos de palma de aceite.
- Que en razón a que las mencionadas plagas se encuentran presentes en el territorio nacional generando un impacto económico en la producción de palma y un alto riesgo de su dispersión, se hace necesario reglamentar las mismas con el fin de ejercer control oficial sobre estas y establecer medidas fitosanitarias para su manejo y control.

En virtud de lo anterior, RESUELVE: PLAGAS DE CONTROL OFICIAL Y MEDIDAS FITOSANITARIAS PARA SU MANEJO Y CONTROL. ARTÍCULO 4o. PLAGAS DE CONTROL OFICIAL. Declárense como plagas de control oficial en el cultivo de palma de aceite las siguientes enfermedades e insectos:

- Anillo rojo (AR).
- Marchitez letal (ML).
- Marchitez sorpresiva (MS).
- Pudrición del cogollo (PC).
- **Rhynchophorus palmarum**.
- **Strategus aloeus**.

6. METODOLOGÍA

La investigación básicamente se centró en someter a prueba las Tierras de Diatomeas (SiO_2) como insecticida para el control de *Stenoma cecropia* y comparar su porcentaje de eficiencia con la opción de manejo química más usada en los cultivos de palma de aceite: el un inhibidor de síntesis de quitina, el insecticida DART® 15 SC (Teflubenzuron 15%) junto a un testigo absoluto en condiciones de campo.

El proyecto se llevó a cabo durante el segundo semestre de 2015, en el Sur del Cesar, municipio de San Martín, Corregimiento de Minas, finca “La Fortuna”.

6.1 MATERIALES Y MÉTODOS

6.1.1 Características del cultivo y ubicación. La finca con el cultivo de palma de aceite en donde se desarrolló el ensayo es de variedad CIRAD, siembra 2010 y se encuentra ubicado en el municipio de San Martín, departamento del Cesar, vereda Minas, finca “La Fortuna” y coordenadas $7^{\circ}52'30''\text{N}$, $73^{\circ}27'37''\text{W}$

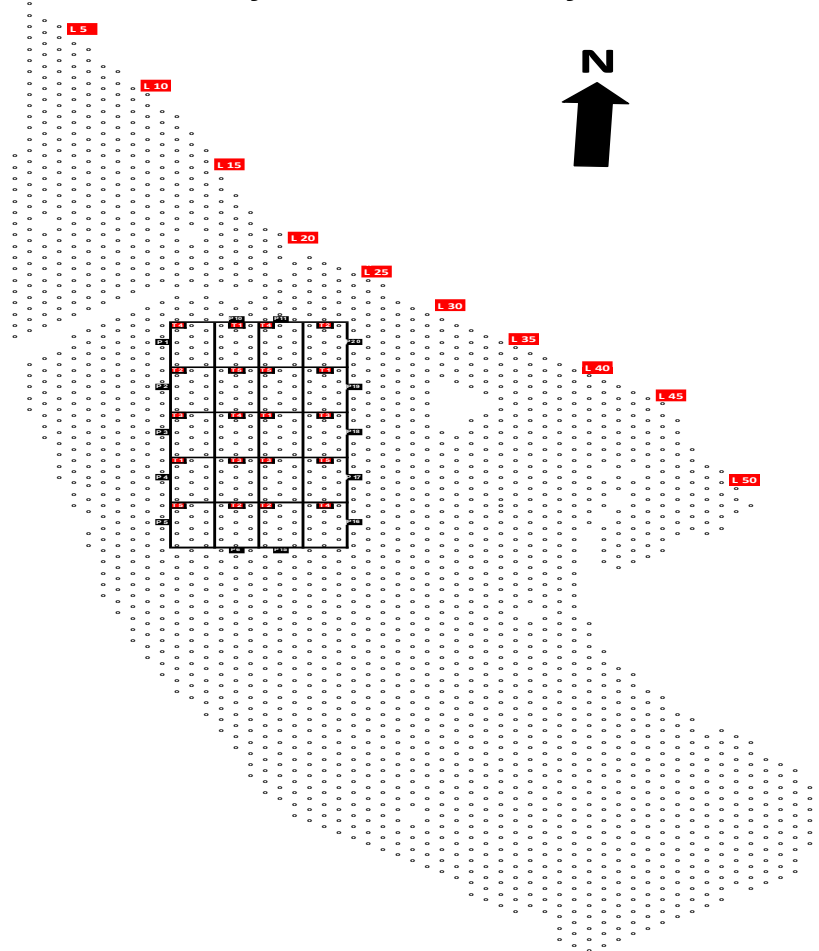
6.1.2 Tratamientos. Se analizaron 5 Tratamientos: tres dosis de Tierras de Diatomeas (SiO_2) (Véase Anexo B), una de insecticida DART® (Teflubenzuron 15%) (Véase Anexo A) y un testigo absoluto sin aplicación, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2. Tratamientos del ensayo:

| Tratamiento | Producto | Dosis |
|----------------|-------------------------------|-----------|
| T ₁ | Tierra de Diatomeas Agropuli® | 16 kg/Ha |
| T ₂ | Tierra de Diatomeas Agropuli® | 12 kg/Ha |
| T ₃ | Tierra de Diatomeas Agropuli® | 8 kg/Ha |
| T ₄ | Teflubenzuron DART® 15 SC | 350 cc/Ha |
| T ₅ | Testigo Absoluto | Ninguna |

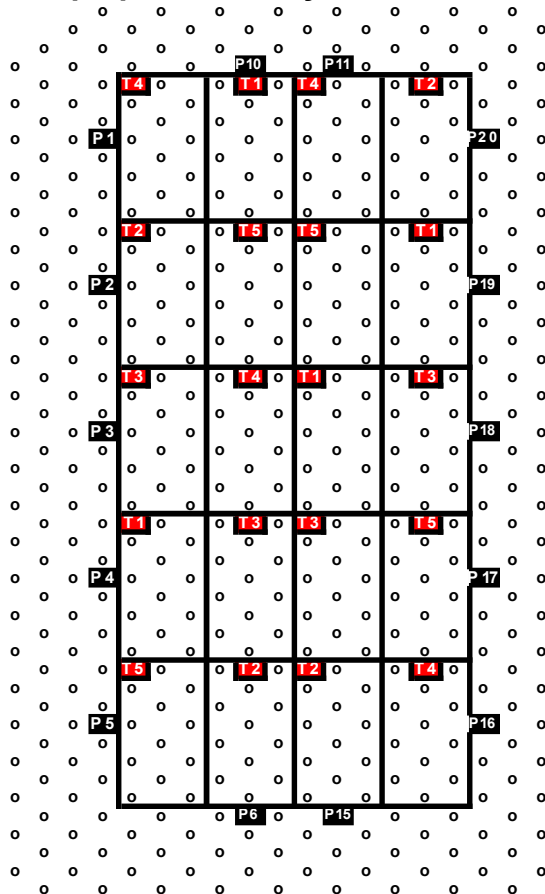
6.1.3 Unidad experimental. Parcela de 3 líneas de palmas por 4 plantas de longitud. Se evaluaron las 2 palmas centrales descartando las palmas de los extremos, controlando así el efecto de borde. En total se usaron 240 palmas para el ensayo equivalentes a 1,7 has, ubicadas en el centro de la finca, tal como puede observarse en la Figura 1.

Gráfica 1. Plano de la finca y ubicación del Ensayo.



6.1.4 Diseño experimental. Se realizó un diseño de bloques completos al azar con conteo inicial de individuos, ya que este diseño permite trabajar con una evaluación más flexible a la selección de número de tratamientos. Los bloques en este ensayo corresponden a repeticiones en el momento, por lo que no se efectuaron réplicas. Se hicieron 4 repeticiones o bloques (véase Figura 2). Para la prueba de comparación de medidas se utilizaron técnicas estadísticas de ANOVA.

Gráfica 2. Diseño de campo para el ensayo.



6.1.5 Variables a medir. Se realizaron conteos de larvas vivas y afectadas, teniendo en cuenta los diferentes instares de los individuos. Antes de la aplicación de los tratamientos, se hizo un conteo de larvas de *Stenoma cecropia* a las 2 palmas centrales de la unidad experimental en la hoja 25, para ser comparados con el primer muestreo (11 dda: días después de aplicación de los tratamientos) y estos resultados compararlos con el segundo muestreo, realizado a los 24 dda.

6.1.6 Preparación de la mezcla para los Tratamientos. Los tratamientos fueron aplicados a las plantas por medio de una solución correspondiente a cada uno de ellos; estas fueron preparadas como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 3. Descripción de los Tratamientos

| Tratamiento | Descripción |
|----------------|---|
| T ₁ | 40g TD/L agua. (112 g TD/palma) |
| T ₂ | 30g TD/L agua. (84 g TD/palma) |
| T ₃ | 20g TD/L agua. (56 g TD/palma) |
| T ₄ | 1g Acidurez*/L agua+1cc Redux*/L agua + 0,88cc DART 15EC/L agua. (2,45 cc DART/palma) |
| T ₅ | Solo agua en el momento de aplicación. |

*Sustancias utilizadas para la estabilización de pH y dureza de la solución del Tratamiento 4: DART 15 EC.

6.1.7 Forma de aplicación de los productos. Para la aplicación de los tratamientos se usó el equipo de aspersión Guaraní, tipo mochila de 25 litros de motor a gasolina y con boquilla rociadora (Ver foto 5b). La solución de los distintos tratamientos se dirigió al follaje de la palma cubriendo la totalidad del área foliar, utilizando 2,8 L de solución del tratamiento por palma correspondiente.

Foto 5. Aplicación de los Tratamiento a las respectivas palmas: a) Equipo de protección, b) Equipo de aspersión y c) Palma marcada.



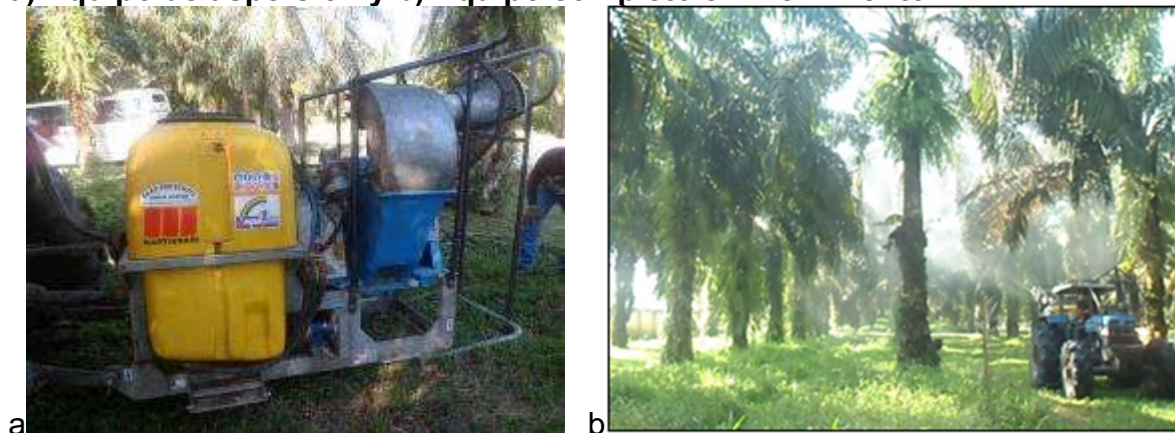
Esta aplicación se hizo en el segundo y tercer instar de desarrollo larval de ***Stenoma cecropia***, con el fin de garantizar la impregnación de los mismos en las larvas en estado de baja concentración de quitina. Las poblaciones no superaron las 20 larvas por hoja.

Para evitar posibles confusiones en el momento de los muestreos, fueron marcadas las plantas y las hojas a muestrear con una cinta amarilla, como puede observarse en la Foto 5c.

El control de ***Stenoma cecropia*** en el resto de la plantación de la finca “La Fortuna” se realizó con un equipo terrestre de tracción mecánica tipo Martigniani (véase fotos 6 a y b), con el insecticida DART® 15 SC a razón de 350 cc/ha ya

que tiene una mayor cobertura en su radio de aplicación, sin embargo para evitar efectos de deriva, las dos líneas contiguas a las parcelas en donde se estableció el ensayo fueron tratadas con el equipo de espalda de motor tipo Guaraní.

Foto 6. Equipo de aplicación terrestre con tracción mecánica tipo Martignani:
a) Equipo de aspersión y b) Equipo completo en movimiento.



Fuente: CADENA, Y., ESTEBAN, L. J. 2014.

6.1.8 Materiales. Para la ejecución del proyecto se usaron los siguientes materiales y equipos:

Tabla 4. Materiales empleados para el proyecto

| Materiales y equipos |
|---|
| - 50,3 Kilos de Tierras de Diatomeas. |
| - 500 gramos de Acidurez |
| - 500 cc de Redux |
| - 1.000 cc de DART@15 SC. |
| - Baldes |
| - Equipo de protección. Uniforme de labores, delantal plástico, guantes de plástico, guantes de carnaza, protección respiratoria, casco, gafas de seguridad, protectores auditivos. |
| - Equipo de aspersión Guaraní: Motor o bomba des espalda, Boquillas recomendadas, Producto, Gasolina, Aceite, Agua limpia. |
| - Equipo de aplicación terrestre con Martignani: Equipo Martignani, Tractor agrícola, Producto, Remolque para transporte de agua, Tanque para transporte de agua. |
| - Gramera |
| - Lupa de joyería. 9882W. |
| - Probeta de 100 cc |
| - Registros de censo de plagas. |

6.1.9 Técnicas de Recolección de Datos. La recolección de información primaria se realizó en cada muestreo realizado, la información se recopiló en los formatos respectivos de control de sanidad. (Véase Anexo C).

6.1.10. Técnicas de Análisis. Se utilizó el programa estadístico InfoStat Estudiantil, de la Versión 2016e, versión Estudiantil; www.infostat.com.ar.

7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Luego de obtener los resultados de las variables medidas en los muestreos realizados, se empleó un análisis bioestadístico, por medio del programa InfoStat para evaluar los diferentes tratamientos, a los cuales se realizaron lecturas a los 11 días y luego a los 24 días de las larvas muertas. Los datos se tabularon como se muestra en la Tabla 4 para realizarse el análisis estadístico de este trabajo.

Tabla 5. Conteos de larvas muertas a los 11 y 24 días respectivamente

| 11 días | | | 24 días | | |
|---------|-------------|--------|---------|-------------|--------|
| BLOQUE | TRATAMIENTO | CONTEO | BLOQUE | TRATAMIENTO | CONTEO |
| B1 | T1 | 2 | B1 | T1 | 64 |
| B1 | T2 | 16 | B1 | T2 | 10 |
| B1 | T3 | 24 | B1 | T3 | 38 |
| B1 | T4 | 18 | B1 | T4 | 28 |
| B1 | T5 | 6 | B1 | T5 | 30 |
| B2 | T1 | 22 | B2 | T1 | 22 |
| B2 | T2 | 26 | B2 | T2 | 10 |
| B2 | T3 | 18 | B2 | T3 | 4 |
| B2 | T4 | 48 | B2 | T4 | 32 |
| B2 | T5 | 16 | B2 | T5 | 12 |
| B3 | T1 | 40 | B3 | T1 | 6 |
| B3 | T2 | 98 | B3 | T2 | 46 |
| B3 | T3 | 6 | B3 | T3 | 12 |
| B3 | T4 | 18 | B3 | T4 | 2 |
| B3 | T5 | 40 | B3 | T5 | 4 |
| B4 | T1 | 36 | B4 | T1 | 28 |
| B4 | T2 | 44 | B4 | T2 | 10 |
| B4 | T3 | 32 | B4 | T3 | 22 |
| B4 | T4 | 64 | B4 | T4 | 36 |
| B4 | T5 | 111 | B4 | T5 | 21 |

A la información obtenida se le realizó un Análisis de Varianza: ANOVA, arrojando la siguiente información:

Tabla 6. ANOVA realizado a larvas muertas a los 11 dda:

Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| CONTEO | 20 | 0,48 | 0,18 | 76,00 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|-------------|----------|----|---------|------|---------|
| Modelo. | 7485,55 | 7 | 1069,36 | 1,58 | 0,2324 |
| BLOQUE | 5424,55 | 3 | 1808,18 | 2,67 | 0,0949 |
| TRATAMIENTO | 2061,00 | 4 | 515,25 | 0,76 | 0,5706 |
| Error | 8130,20 | 12 | 677,52 | | |
| Total | 15615,75 | 19 | | | |

Esta ANOVA dio un valor P muy alto, para las variables Bloque y Tratamiento, alejándose del valor Alfa (α : 0.05). Se encuentran también en la Tabla 6 los Grados de libertad que permite ver que hay < número de oportunidades para compensar las limitaciones de este procedimiento estadístico.

Tabla 7. Prueba Duncan a los 11 dda para bloque.

Test: Duncan Alfa=0, 05

Error: 677, 5167 gl: 12

| BLOQUE | Medias | n | E.E. | |
|--------|--------|---|--------|-----|
| B4 | 57, 40 | 5 | 11, 64 | A |
| B3 | 40, 40 | 5 | 11, 64 | A B |
| B2 | 26, 00 | 5 | 11, 64 | A B |
| B1 | 13, 20 | 5 | 11, 64 | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Según la Prueba Duncan para la variable larvas muertas a los 11 días, se puede ver (Tabla 7) que existen diferencias significativas entre los bloques 4 y 1.

Tabla 8. Prueba Duncan a los 11 dda para Tratamiento.

Test: Duncan Alfa=0, 05

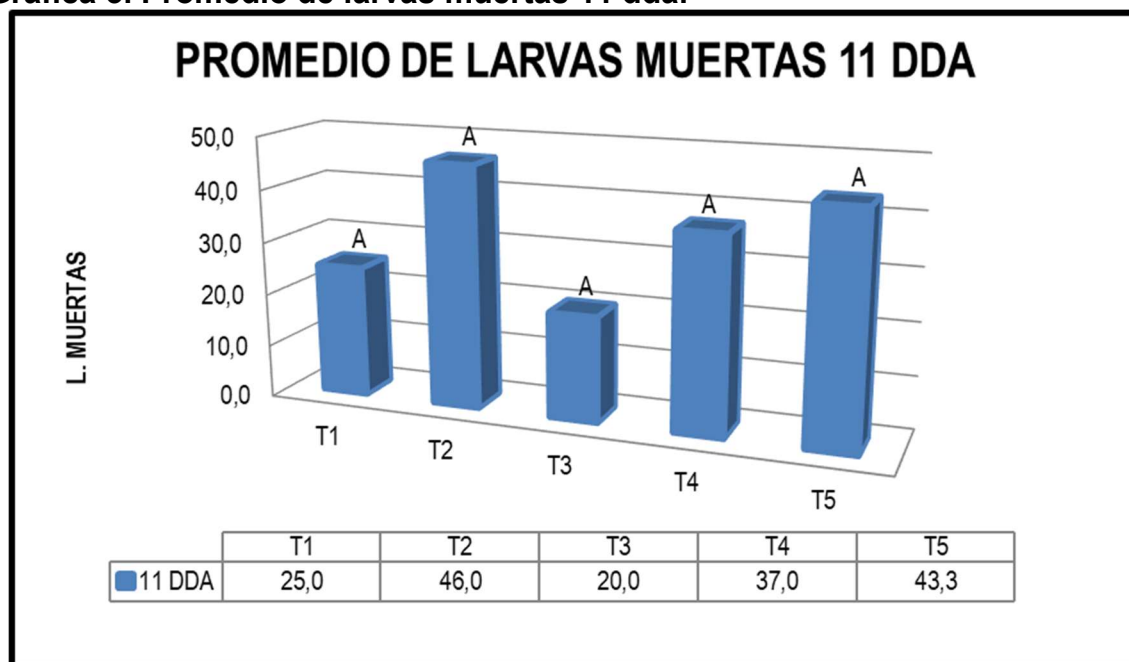
Error: 677, 5167 gl: 12

| TRATAMIENTO | Medias | n | E.E. | |
|-------------|--------|---|--------|---|
| T2 | 46, 00 | 4 | 13, 01 | A |
| T5 | 43, 25 | 4 | 13, 01 | A |
| T4 | 37, 00 | 4 | 13, 01 | A |
| T1 | 25, 00 | 4 | 13, 01 | A |
| T3 | 20, 00 | 4 | 13, 01 | A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Según la Prueba Duncan para la variable larvas muertas a los 11 días, se puede ver en la Tabla 8 que no existen diferencias significativas entre los Tratamientos.

Gráfica 3. Promedio de larvas muertas 11 dda.



De acuerdo a los resultados obtenidos tanto en el Anova como en la prueba Duncan, se puede observar que no hay diferencias significativas entre tratamientos. Sin embargo, los datos promedios muestran que los tratamientos T₂(12kg TD/Ha) y T₅(Testigo Absoluto) presentan los mayores valores para el número de larvas muertas, mientras que el T₃(8kg TD/Ha) presenta el número más bajo.

Estos resultados se muestran similares a los obtenidos por Vayias & Athanassiou en el 2004, en donde encontraron que el efecto de las Tierras Diatomeas en etapas jóvenes del insecto es mayor, debido a que el insecto en estas etapas tiene menos quitina en su exoesqueleto por lo que es más susceptible a las TD y enfrenta la desecación

Tabla 9. ANOVA realizado a larvas muertas a los 11 dda:

Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| CONTEO | 20 | 0,34 | 0,00 | 75,58 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|-------------|---------|----|--------|------|---------|
| Modelo. | 1692,15 | 7 | 241,74 | 0,89 | 0,5452 |
| BLOQUE | 1229,35 | 3 | 409,78 | 1,50 | 0,2639 |
| TRATAMIENTO | 462,80 | 4 | 115,70 | 0,42 | 0,7883 |
| Error | 3272,40 | 12 | 272,70 | | |
| Total | 4964,55 | 19 | | | |

Esta ANOVA dio un valor P muy alto, para las variables Bloque y Tratamiento, alejándose del valor Alfa (α : 0.05). Se encuentran también en la Tabla 9 los Grados de libertad que permite ver que hay < número de oportunidades para compensar las limitaciones de este procedimiento estadístico.

Tabla 10. Prueba Duncan a los 24 dda para bloque.

Test: Duncan Alfa=0, 05

Error: 272, 7000 gl: 12

| BLOQUE | Medias | n | E.E. |
|--------|--------|---|--------|
| B1 | 34,00 | 5 | 7,39 A |
| B4 | 23,40 | 5 | 7,39 A |
| B2 | 16,00 | 5 | 7,39 A |
| B3 | 14,00 | 5 | 7,39 A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Según la Prueba Duncan para la variable larvas muertas a los 24 días no existen diferencias significativas entre los bloques, tal como puede verse en la Tabla 10.

Tabla 11. Prueba Duncan a los 24 dda para Tratamiento.

Test: Duncan Alfa=0, 05

Error: 272, 7000 gl: 12

| TRATAMIENTO | Medias | n | E.E. |
|-------------|--------|---|---------|
| T1 | 30, 00 | 4 | 8, 26 A |
| T4 | 24, 50 | 4 | 8, 26 A |
| T3 | 19, 00 | 4 | 8, 26 A |
| T2 | 19, 00 | 4 | 8, 26 A |
| T5 | 16, 75 | 4 | 8, 26 A |

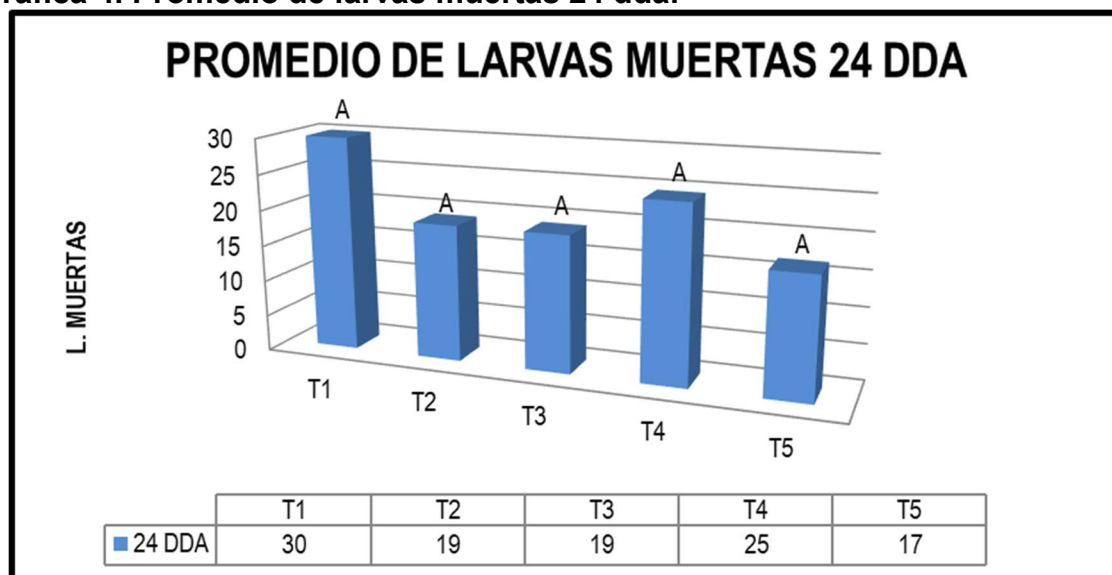
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Según la Prueba Duncan presentada en la Tabla 11 para la variable larvas muertas a los 24 días, no existen diferencias significativas entre los Tratamientos.

Por otra parte, según el análisis estadístico de la lectura hecha a los 24 dda, tampoco se presentaron diferencias significativas entre bloques ni tratamientos. A pesar de ello se puede observar que el tratamiento T₁(16kg TD/Ha) presentó el mayor número de larvas muertas(30) y los tratamientos T₂(12kg TD/Ha) y T₅(Testigo Absoluto) el menor número (19), tal como puede observarse en la Gráfica 4.

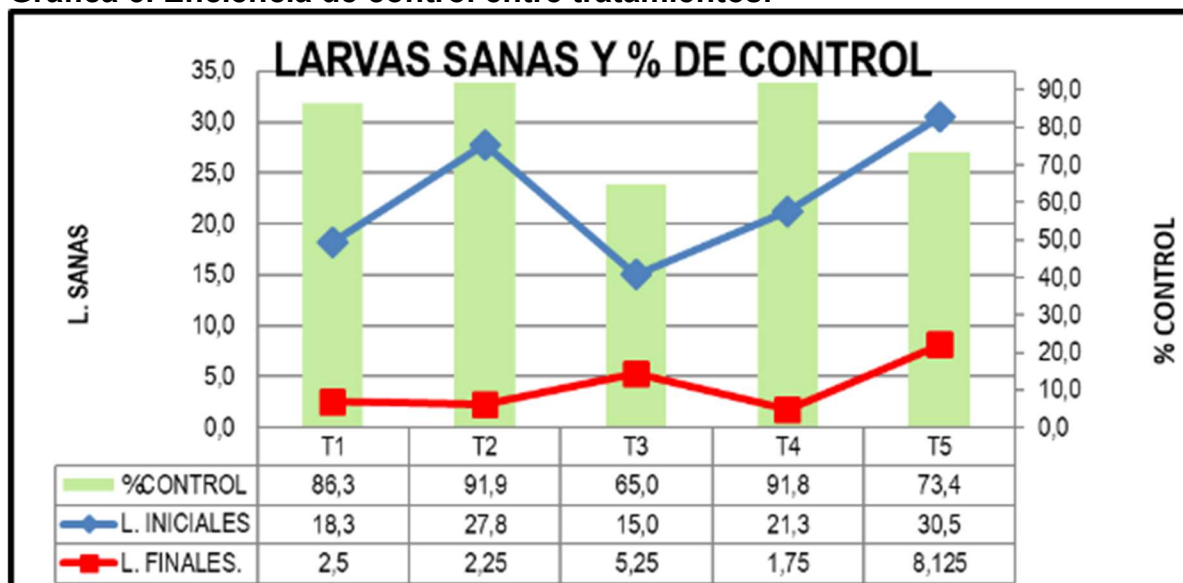
Bilbao y colaboradores en su trabajo realizado en el 2007, tampoco encontraron diferencias significativas entre los tratamientos analizados en los estadíos entre ninfa y adulto de *Triatoma infestans*. En este estudio además dedujeron que las TD con una concentración del 60% evaluadas no presentaron acción insecticida.

Gráfica 4. Promedio de larvas muertas 24 dda.



Por otra parte, la evaluación de la eficiencia de control de un insecticida se mide a escala industrial comparando las poblaciones iniciales con las finales y estableciendo entre ellas el porcentaje de control que hubo, cuando ya se supone que se ha terminado el efecto del plaguicida.

Gráfica 5. Eficiencia de control entre tratamientos.



En la gráfica 5 se evidencia que en todos los tratamientos existió un porcentaje de control, esto indica que además del efecto insecticida por parte de los tratamientos, existieron factores externos que disminuyeron las larvas sanas.

Lo anterior se basa en el comportamiento de *S. cecropia* en sus distintas fases y los instares que se desarrollan en cada uno de ellas. Luego de la lectura hecha a los 24 dda, se realizó un censo de verificación con el fin corroborar la ausencia total de larvas sanas en los subsiguientes instares, según la biología de este insecto.

Los dos tratamientos que mayor porcentaje de control tuvieron fueron el T₂ (12 Kg de Tierras de Diatomeas por hectárea) y el T₄ (350 cc de DART® 15 SC por hectárea) con el 92%, lo que evidencia que si efectivamente hubo efecto insecticida por parte de las TD en esta dosis.

Los dos tratamientos que menor porcentaje de control tuvieron fueron el T₃ (8 Kg de TD por hectárea) con el 65% y el T₅ (Testigo absoluto) con 73%. Este porcentaje de control puede tomarse como evidencia del efecto de agentes externos en la disminución de las larvas sanas, agentes como *Beauveria bassiana* y algunos depredadores.

Otro aspecto importante de análisis, es el factor costos de producción basados en los distintos tratamientos evaluados en este trabajo, lo cual puede verse claramente plasmado en la Tabla 12. Según este análisis, el T₂ (12 Kg TD/Ha) tiene un valor promedio de \$259.500/Ha, precio más económico comparado con el tratamiento de control químico T₄ (350 cc DART®15 SC/Ha), que tiene un precio de \$289.675/Ha y con la ventaja adicional de que es una herramienta alternativa que es aceptada por condiciones del MIPE y de normas como la RSPO.

Tabla 12. Costos por Hectárea de cada Tratamiento

| COSTOS POR TRATAMIENTO HECTÁREA. | | | | | | |
|---|--------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|
| INSUMO | ESPECIFICACIÓN | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |
| Tierras de Diatomeas | Óxido de Silicio (SiO ₂) | 96.000 | 72.000 | 48.000 | 0 | 0 |
| DART 15 sc | INSECTICIDA (I.S.Q) | 0 | 0 | 0 | 70.000 | 0 |
| Acidurez | Corrector acidez y dureza | 0 | 0 | 0 | 14.300 | 0 |
| Redux | Adherente | 0 | 0 | 0 | 17.875 | 0 |
| Alquiler | Equipo aspersión | 89.286 | 89.286 | 89.286 | 89.286 | 0 |
| Mano de obra | Aplicación tratamientos | 62.500 | 62.500 | 62.500 | 62.500 | 0 |
| Mano de obra | Censos | 35.714 | 35.714 | 35.714 | 35.714 | 35.714 |
| TOTAL | | 283.500 | 259.500 | 235.500 | 289.675 | 35.714 |

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados obtenidos en esta prueba no mostraron diferencias estadísticamente significativas para la evaluación hecha a los 11 dda ni a la realizada a los 24 dda, pero se evidenció que hubo algún efecto insecticida que no se pudo establecer debido a la influencia de factores externos.

A pesar de los resultados estadísticos, se pudo observar una tendencia de mejor porcentaje de control de los tratamientos T₂ (12 Kg TD/Ha) y T₄ (350 cc de DART® 15 SC/Ha) con el 92%, lo que hace evidente la capacidad insecticida por parte de las TD en esta dosis.

Se hizo evidente el efecto de un agente externo (al ensayo), debido a que el tratamiento testigo también tuvo un número elevado en larvas muertas, posiblemente causado por el entomopatógeno ***Beauveria bassiana***, tratamiento ampliamente usado en el área en que se desarrolló este ensayo y en ocasiones anteriores en la finca “La Fortuna”.

Es importante anotar además, que las fluctuaciones climáticas (días con precipitaciones y otros muy soleados) pudieron generar cambios en el comportamiento tanto de los tratamientos evaluados, como los factores externos a este ensayo.

Para este tipo de tratamientos es importante hacer aplicaciones en los instares larvales precisos, cuando está en sus primeros 3 estados de vida, ya que su control es más efectivo y por lo tanto se inhibe su llegada al estadio de adulto, para reducir significativamente la producción de huevos que por hembra son excesivos, reduciendo ostensivamente las poblaciones de ***Stenoma cecropia***.

Es recomendable tener en cuenta los factores climáticos en el momento de aplicación de las Tierras Diatomeas, ya que por la acción física de la lluvia se genera un barrido de este producto que se encuentra en las hojas, siendo los días secos la época más recomendable para su aplicación.

Cuando se hagan aplicaciones de Tierras de Diatomeas, como insecticida, se debe usar una mezcla por lo menos de 400 litros por hectárea, 2,8 litros por palma, esto con el fin de garantizar un completo cubrimiento del área foliar, pues el producto actúa puramente por contacto y si quedan larvas sin mojar escaparán

al control. Esto sugiere que no se deben hacer aplicaciones de bajo volumen o ultra bajo volumen pues su efectividad disminuirá.

Para evitar la interferencia de factores externos en los resultados de trabajos o ensayos de campo, se deben tomar las medidas que aíslen a la unidad experimental y la protejan de éstos o en su defecto establecer mecanismos estadísticos para corregir ese ruido creado por estos factores foráneos, idealmente en condiciones de laboratorio.

El producto Tierras de Diatomeas puede llegar a convertirse en una solución para el control del insecto defoliador ***Stenoma cecropia*** y otros más del cultivo de la palma, pero como éste no es un insecticida, es un agente que causa daño físico a los insectos, se recomendaría para aplicaciones comerciales cuando las poblaciones no estén tan altas (Máximo 30 larvas por hoja).

BIBLIOGRAFÍA

AGUIRRE, C; CHÁVEZ, T; GARCÍA, P; RAYA, J. El Silicio en los organismos vivos. Caracas. Interciencia. 2007. P 1. {En línea}. {10 de Noviembre del 2015} Disponible en: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442007000800004

ALDANA De la torre, R; ALDANA De la torre, J. A; CALVACHE. H & BAUTISTA, P. Manual de plagas de la Palma de Aceite en Colombia. Cuarta edición. Bogotá: Publicación del Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma. 2009. p. 148-199.

BARRIOS, C, ALDANA R, & BUSTILLO, A. Biología del defoliador de la Palma de Aceite, *Stenoma cecropia* Meyrick (Lepidóptera: Elachistidae). Vol. 34, no. 3. Palmas. 2013. p. 13-19.

BUSTILLO. A. Manejo de Insectos-plaga de la Palma de Aceite con énfasis en el control biológico y su relación con el cambio climático. Vol. 35. Bogotá. Revista Palmas. 2014.68-79 p.

CADENA, Y., ESTEBAN, L. J. Manual de Manejo de Plagas y Enfermedades de Palmas del Cesar. San Martín, César. 2014. SGC-MN-DAG-08. p.23.

CASTILLO, S; ALDANA, J; CALVACHE, H & GRIJALVA, O. Evaluación de técnicas de liberación de *Trichogramma pretiosum* Riley (Himenóptera: Trichogrammatidae) para el manejo de *Stenoma cecropia* Meyrick (Lepidóptera: Stenomidae) en el cultivo de Palma de aceite *Elaeis guineensis* Jacq.). Revista Palmas. 2000. {En línea}. {12 de Noviembre del 2015}. Disponible en: <http://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/viewFile/786/786>.

ELERGONOMISTA. “La hoja” {en línea}. {23 Abril del 2016}. Disponible en: <http://www.google.com.co/webhp?sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&ie=UTF-8#q=par%C3%A9nquima>

FEDEPALMA. Mini Anuario estadístico, Principales cifras de la agroindustria de la palma de aceite en Colombia. 2015.

FRANCO, P. Alistamiento de áreas de siembra para Palma de aceite. Convenio de Asociación entre Fedepalma, Uniminuto, UNAD, Uninariño y otros. Bogotá. 2010.

FUSÉ, C; VILLAVERDE, M; PADÍN, S; DE GIUSTO, M; JUÁREZ, M. "Evaluación de la actividad insecticida de tierra de diatomeas de yacimientos Argentinos". Argentina. RIA Vol. 39 N. 2. 2013. P 207. {En línea}. {5 de Noviembre del 2015} Disponible en: <http://ria.inta.gov.ar/wp-content/uploads/2013/08/Art.10Fuse.pdf>

GENTY, A. "Daños y control del complejo Leptopharsa-Pestalotiopsis en la palma africana". Fedepalma. {En línea}. {03 Febrero del 2016}. Disponible en: <http://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/viewFile/63/63>

ICA. Resolución No. 004170, Artículo 4 del Decreto 3761 de 2009, literal a) del artículo 4o del Decreto 1840 de 1994. Ministerio de Agricultura. 2014. P 1-9.

KORUNIC, Z. Diatomaceous Earths, a group of natural insecticides. Hedly Vancouver. Technologies Inc. Canadá. P. 1. {En línea}. {8 de Noviembre del 2015} Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/223262487_ReviewDiatomaceous_earths_a_group_of_natural_insecticides

LOS ADHESIVOS.COM. "¿Qué es polimerización?". {En línea}. {03 Febrero del 2016}. Disponible en: <http://www.losadhesivos.com/polimerizacion.html>

MOHD, A & AKHTAR, A. Use of diatomaceous earth for the management of stored- product pests; Srinagar- India. University of Agricultural Sciences and Technology of Kashmir. International Journal of Pest Management, 2014. P 101-102).


STADLER, T; BUTELER, M & WEAVER, D. "Nanoinsecticidas: Nuevas perspectivas para el control de plagas". Rev. Soc. Entomol. Argent. vol.69. 2010 {En línea}. {3 de Noviembre del 2015}. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0373-56802010000200001&lng=es&nrm=iso. ISSN 0373-5680

UNA. "Teflubenzuron". {En línea}. {03 Febrero del 2016}. Disponible en: <http://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/index.php/base-de-datos-menu/517-teflubenzuron>

UNAD. Contexto y sostenibilidad de la agroindustria de la palma de aceite. Generalidades de la Palma de Aceite. {En línea} {10 de Mayo} Disponible en: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/356005/Contenido_EXE/Contenido_exe/leccion_1_generalidades_de_la_palma_de_aceite.html

ANEXOS

ANEXO A. Ficha técnica de Insecticida DART 15 SC.

| Insecticidas | |
|---|---|
|  | <p>Dart 15 SC</p> <p>Registro y Características <i>Composición garantizada</i></p> <p>Ingrediente activo Teflubenzuron: 1-(3,5-dicloro-2,4-difluorofenil)-3-(2,6-difluoro benzoyl)-urea 150 g/L a 20°C</p> <p>Ingredientes aditivos: c. s. p. 1 Litro</p> <p><i>Compatibilidad</i> DART® 15 SC es compatible con la mayoría de insecticidas, fungicidas y fertilizantes foliares. Se recomienda hacer pruebas previas, cuando se va a mezclar el producto con concentrados emulsionables.</p> <p>Ventajas</p> <ul style="list-style-type: none">• Larvicida selectivo, tolerado por la fauna benéfica• Refuerza programas de manejo integrado de plagas• Prolongado efecto de control• Resistente al lavado por lluvias y/o riegos <p>Aplicación <i>Modo y mecanismo de acción</i></p> <p>DART® 15 SC Es un compuesto perteneciente al grupo de las úreas benzolíticas y su eficacia se manifiesta más que todo en larvas de lepidópteros. Las larvas incorporan el producto de las partes vegetales tratadas y una vez presente en las células de la larva, DART® 15 SC inhibe en ellas el proceso de la formación o síntesis de quitina. Este mecanismo hace entender que la muerte de la larva no ocurre en forma inmediata después de la aplicación, como sucede con la mayoría de insecticidas tradicionales. Algunos días antes de morir, se observa poco movimiento de la larva, la cual ya no se alimenta.</p> <p>La mayor eficiencia de DART® 15 SC se presenta generalmente entre los cinco y doce días después de la aplicación. DART® 15 SC es un larvicida selectivo y se caracteriza por ser bien tolerado por la fauna benéfica y el cultivo.</p> <p>Precauciones</p> <ul style="list-style-type: none">• Mantenga el producto en su empaque original, con la etiqueta en buen estado, bien tapado, en lugar fresco y aireado, lejos de alimentos, drogas y forrajes. FUERA DEL ALCANCE DE LOS NIÑOS y animales domésticos, nunca en el mismo lugar donde se duerme, come o preparan alimentos.• No fume, coma o beba mientras manipula el producto.• Use gafas respirador y guantes de caucho para manejar el producto concentrado.• No permanezca en la nube de aspersión.• Al terminar, cámbiese de ropa y bañese con abundante agua y jabón.• No contamine fuentes de agua, ríos o acequias con el producto. <p>Primeros Auxilios</p> <ul style="list-style-type: none">• En caso de ingestión, NO provoque el vómito. Lleve a la persona inmediatamente al médico junto con esta ficha.• Si se salpica los ojos, manteniéndolos abiertos, lávelos con abundante agua limpia entre 10 y 15 minutos.• En caso de contacto con la piel, retire la ropa contaminada y lávese con abundante agua y jabón. <p>Advertencia El fabricante garantiza que las características físico-químicas del producto corresponden a las anotadas en esta ficha y que mediante registro oficial de venta se verificó que es apto para los fines aquí recomendados de acuerdo con las indicaciones de empleo.</p> |

ANEXO B. Ficha técnica del Bioinsumo Tierras de Diatomeas AGROPULI

Ficha Técnica del Bioinsumo "TIERRA DE DIATOMEAS - AGROPULI®" (algas naturales fosilizadas – SiO₂) - TDDA.

Polvo mojable

Ingrediente activo: Algas diatomeas fosilizadas. Especie predominante "Aulocoseira Granulata".

Composición Garantizada: Dióxido de silicio (SiO₂) 65.61% total.

Categoría toxicológica: no toxica.

TIERRA DE DIATOMEAS - AGROPULI® (algas naturales fosilizadas – SiO₂) - TDDA. En su forma amorfa, es una fuente de **origen orgánico** muy rica de **Sílice**. El material es básicamente el **exoesqueleto** de algas unicelulares llamadas **diatomeas**.

Propiedades y Usos:

Enmienda, Acondicionador orgánico, Remineralizador de Silicio de los suelos agrícolas.

TIERRA DE DIATOMEAS - AGROPULI® (algas naturales fosilizadas – SiO₂) - TDDA mejora las condiciones físicas y químicas de los suelos agrícolas; es ideal para ser usado en general en lugares donde la disponibilidad de nutrientes esté limitada por factores negativos como fijación o bloqueo, inmovilización, desplazamiento, oxidación, deshidratación, entre otros. **TDDA** promueve el desarrollo de microflora benéfica que contribuye en los procesos de solubilización de nutrientes y a la disminución de poblaciones de microorganismos causales de daños. **TDDA** incrementa las cargas negativas del medio, facilitando la adsorción de metales y su intercambio con la solución del suelo, contribuyendo a elevar la capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) del medio nutricional que resulta en una mayor disponibilidad de elementos y de moléculas esenciales para el buen desarrollo del cultivo. Por su capacidad antioxidante, **TDDA** incrementa las formas biodisponibles o activas biológicamente de metales y sirve como medio de desarrollo para organismos benéficos del suelo. **TDDA** en presencia de metales polivalentes y de arcillas mejora la estructura de los suelos, formando agregados humato-metal-arcilla; además, aumenta la capacidad de retención de agua e incrementa sustancialmente la superficie específica del medio edáfico. **TDDA** aumenta la concentración de coloides, logrando atraer a los nutrientes y minerales presentes en el suelo, asegurando que la planta los absorba, para mejorar su productividad.

.....Valores Agregados de "TIERRA DE DIATOMEAS - AGROPULI®" (algas naturales fosilizadas – SiO₂) - TDDA.

Insecticida Orgánico: la ingestión de **TDDA** produce desgarros y perforaciones en el aparato bucal, exoesqueleto y órganos internos de los insectos. Al contacto de los mismos con **TDDA**, absorbe la **cera cuticular**, que llevan a la muerte del insecto, por **deshidratación**. Estas acciones no afectan a vertebrados y no generan resistencia en los insectos.

Fertilizante Orgánico: Los compuestos de **Silicio** constituyen más del 60% de los compuestos del suelo. El Silicio (Si) es un elemento mayor que generalmente no se monitorea en muchos análisis de suelos. Su concentración en forma soluble, como **ácido silícico**, debe estar entre 35 y 40 mg/dl. **TDDA** contiene el 65% de dióxido de silicio (SiO₂) en forma de **silice amorfo** de origen orgánico (asimilable inmediatamente por la planta en forma de **ácido silícico**). Además, aporta 38 oligoelementos, constituyendo un valioso complemento a cualquier plan de fertilización indicado por el Ing. Agrónomo.

Protector natural de factores bióticos y abióticos: **TDDA** puede incrementar la **resistencia al estrés**, aumentar la **fotosíntesis** y el contenido de **clorofila**, mejorar la **resistencia a la sequía**, contribuir a minimizar los daños por **heladas**, aumentar la **tolerancia a la salinidad**, mejorar la **fertilidad del suelo** y disminuir el **volcambio**.

Inmunizante Orgánico por acumulación de Si en las paredes celulares de las plantas (efecto de barrera) contribuyendo a Si protección contra insectos y patógenos de enfermedades en general.